

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**COMPARACIÓN ENTRE LOS SOFTWARE PIX4D Y AGISOFT METASHAPE DE
LOS PRODUCTOS FOTOGAMÉTRICOS DE LA ESTACIÓN DEL
METROPOLITANO PLAZA DE FLORES E INTERSECCIÓN DE SUS VÍAS
BARRANCO - LIMA, 2021**

PRESENTADO POR:

Bach. MARTIN ESTIVEN RODRIGUEZ GARCÍA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ASESOR:

Ing. FREDY ROMAN PAREDES AGUIRRE

HUACHO – 2021

**FREDY ROMAN
PAREDES AGUIRRE
INGENIERO QUIMICO
CIP Nº 95123**

**COMPARACIÓN ENTRE LOS SOFTWARE PIX4D Y AGISOFT METASHAPE DE
LOS PRODUCTOS FOTOGRAMÉTRICOS DE LA ESTACIÓN DEL
METROPOLITANO PLAZA DE FLORES E INTERSECCIÓN DE SUS VÍAS
BARRANCO - LIMA, 2021**

Bach. MARTIN ESTIVEN RODRIGUEZ GARCÍA

TESIS

ASESOR: Ing. FREDY ROMAN PAREDES AGUIRRE

UNIVERSIDAD NACIONAL

JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

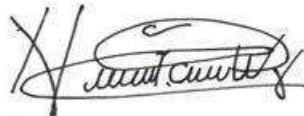
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

HUACHO

2021



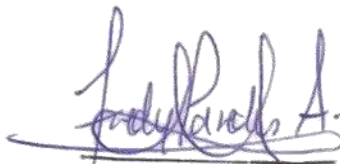
PRESIDENTE
Dr. BAUTISTA LOYOLA FRANCISCO



SECRETARIO
Dr. HUERTA FALCON WILDER DAVID



VOCAL
Mg. GOÑY AMERI CARLOS FRANCISCO



ASESOR
Ing. PAREDES AGUIRRE FREDY ROMAN

DEDICATORIA

El presente estudio lo dedico a mis padres y familiares; principales pilares para seguir adelante y quienes han velado por mi futuro profesional, ingenieros y profesionales, quienes me han tenido a su cargo y me han exigido en su medida y su motivación para culminar mis estudios superiores y amigos por su apoyo en las aulas de estudio.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en los primeros años de mi vida. Gracias a mis padres, por sus consejos en las dudas que he podido tener en mis posibilidades de ámbito social y profesional, gracias por confiar y creer en mis ideales, valores y principios que me han inculcado.

Gracias también a los profesionales que me han tenido bajo su tutela y que me han ofrecido la oportunidad de desarrollarme, gracias a los ingenieros Daniel, Roberto, Norma, Silvia, John y Jorge, quienes he demostrado mis capacidades de egresado de la carrera de ingeniería civil. A mis docentes quienes he rescatado lo mejor que me han enseñado en los ciclos completados y a mi asesor, por haber compartido su tiempo y sus conocimientos y poder desarrollar esta investigación científica en mi carrera.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN	xxii
ABSTRACT.....	xxiii
INTRODUCCIÓN	xxiv
CAPÍTULO I	27
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	27
1.1 Descripción de la Realidad Problemática	27
1.2 Formulación de Problema.....	29
1.2.1 Problema general	29
1.2.2 Problemas específicos.....	29
1.3 Objetivos de la Investigación.....	30
1.3.1 Objetivo general.....	30
1.3.2 Objetivo específico	30

1.4 Justificación de la Investigación	30
1.5 Delimitación del Estudio.....	31
1.6 Viabilidad del Estudio.....	33
CAPÍTULO II.....	34
MARCO TEÓRICO.....	34
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	34
2.2 Investigaciones Internacionales	34
2.3 Investigaciones Nacionales.....	36
2.3.1 Bases Teóricas	37
2.3.1.1 Fotogrametría aérea.....	37
2.3.1.2 Vuelo Fotogramétrico.....	38
2.3.1.3 Plan de vuelo	38
2.3.1.4 Prevuelo.....	43
2.3.1.5 Desarrollo del plan de vuelo.....	44
2.3.1.6 Procesamiento digital	44
Agisoft Metashape.....	45
Pix4D.....	46
2.3.1.7 Productos fotogramétricos.....	47
2.3.2 Bases Filosóficas.....	49

2.3.3 Definición de términos básicos.....	50
2.4 Hipótesis de investigación	54
2.4.1 Hipótesis general.....	54
2.4.2 Hipótesis específicos.....	54
2.4.3 Operacionalización de las variables.....	55
CAPÍTULO III.....	56
METODOLOGÍA.....	56
3.1 Diseño Metodológico.....	56
3.1.1 Tipo de investigación:.....	56
3.2 Población y Muestra	56
3.2.1 Población	56
3.2.2 Muestra	57
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	57
3.3.1 Técnicas a emplear.....	57
3.3.2 Descripción de los instrumentos.....	57
3.4 Técnicas para el procesamiento de la información.....	58
CAPÍTULO IV.....	59
RESULTADOS.....	59
4.1 Análisis de resultado.....	59

4.1.1 Geodesia.....	59
4.1.1.1 Control horizontal	61
4.1.1.2 Control vertical	63
4.1.2. Topografía.....	74
4.1.2.1 Procedimiento de trabajo en campo.....	74
4.1.2.2 Monumentación de BM's	74
4.1.2.3 Requisitos a considerar para la nivelación.....	75
4.1.2.4 Metodología utilizada para la nivelación en campo	76
4.1.2.5 Metodología utilizada para los trabajos de gabinete.....	78
4.1.2.6 Calculo de las altitudes	79
4.1.2.7 Equipos utilizados y software utilizados	82
4.1.2.8 Tabla de resultado de la nivelación geométrica.....	82
4.1.2.9 Planilla de nivelación.....	83
4.1.2.10 Croquis.....	84
4.1.2.11 Ficha del IGN BM G12	84
4.1.2.12 Certificado de calibración	84
4.1.2.13 Comprobación BM G12.....	84
4.1.2.14 Reporte de cálculo geodésico con base CL-02	86
4.1.2.15 Reporte fotográfico	86

4.1.3. Fotogrametría.....	91
4.1.4. Procesamiento por Agisoft Metashape Professional	93
4.1.5 Procesamiento por Pix4D	121
4.2 Contratación de hipótesis	134
CAPÍTULO V.....	150
DISCUSIÓN	150
5.1 Discusión de resultados.....	150
CAPITULO VI.....	152
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	152
6.1 Conclusiones.....	152
6.2 Recomendaciones	153
REFERENCIAS.....	154
7.1 Fuentes Documentales	154
7.2 Fuentes Bibliográficas	154
7.3 Fuentes Electrónicas	155
ANEXOS	156
Anexo 1. Especificaciones técnicas Leica GPS ATX1230GG.....	156
Anexo 2. Ficha de la estación de rastreo permanente LI01	158
Anexo 3. Certificado de operatividad N° Serie: 471037 y N° Serie: 457093	162

Anexo 4. Ficha monográfica FLOR-001	164
Anexo 5. Ficha monográfica FLOR-002	165
Anexo 6. Reporte FLOR-001.....	166
Anexo 7. Reporte FLOR-002.....	168
Anexo 8. Planilla de nivelación	170
Anexo 9. Ficha del IGN BM-G12.....	171
Anexo 10. Certificado de calibración	172
Anexo 11. Descripción monográfica del CL-02.....	173
Anexo 12. Reporte de cálculo Geodésico con Base CL-02.....	174
Anexo 13. Especificaciones técnicas Phantom 4 Pro	176
Anexo 14. Informe de los resultados de Agisoft Metashape	177
Anexo 15. Informe de los resultados de Pix4D	186

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Puntos de intersección de vías y puntos geodésicos</i>	32
Tabla 2: <i>Definición Operacional de las variables</i>	55
Tabla 3: <i>Parámetros de los elipsoides WGS84</i>	62
Tabla 4: <i>Tabla de referencia</i>	62
Tabla 5: <i>Reseña del Vértice Geodésico</i>	63
Tabla 6: <i>Resultados de coordenadas UTM</i>	68
Tabla 7: <i>Resultados de coordenadas geográficas</i>	69
Tabla 8: <i>Resultados de precisiones 1</i>	69
Tabla 9: <i>Resultados de precisiones 2</i>	69
Tabla 10: <i>Resultados de precisiones</i>	81
Tabla 11: <i>Tabla de resultados</i>	82
Tabla 12: <i>Resumen de nivelación Anillo 01</i>	83
Tabla 13: <i>Tablas de valores de comprobación</i>	86
Tabla 14: <i>Comparativa 1 de MDT a partir de curvas de nivel</i>	135
Tabla 15: <i>Comparativa 2 de MDT a partir de curvas de nivel</i>	135
Tabla 16: <i>Comparativa 3 de MDT a partir de curvas de nivel</i>	136
Tabla 17: <i>Comparativa 4 de MDT a partir de curvas de nivel</i>	136
Tabla 18: <i>Comparativa 1 de ortomosaico por secciones</i>	144

Tabla 19: <i>Comparativa 2 de ortomosaico por secciones</i>	144
Tabla 20: <i>Comparativa 3 de ortomosaico por secciones</i>	145
Tabla 21: <i>Comparativa 4 de ortomosaico por secciones</i>	145
Tabla 22: <i>Comparativa de tiempo entre Agisoft Metashape y Pix4D</i>	147

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Zona de estudio con puntos de intersección de vías y puntos geodésicos.....	32
<i>Figura 2:</i> La imagen de la izquierda tiene un GSD de 5 cm, y la imagen de la derecha tiene un GSD de 30 cm.....	40
<i>Figura 3:</i> Cálculo de la altura de vuelo correcta implica la relación entre el ancho del sensor, la distancia focal y el ancho de la imagen.	40
<i>Figura 4:</i> Recubrimiento longitudinal.....	41
<i>Figura 5:</i> Recubrimiento Transversal.....	42
<i>Figura 6.</i> En este caso h y N son perpendiculares al elipsoide, y H al geoide, sigue la línea de la plomada.....	61
<i>Figura 7.</i> Vértices geodésico FLOR 001 Y FLOR 002.....	65
<i>Figura 8:</i> Posicionamiento relativo GPS.....	67
<i>Figura 9:</i> Línea Base en postproceso.....	68
<i>Figura 10:</i> Equipos utilizados para las actividades de campo GPS Rover y Receptora Leica Pertenciente a la serie 1200.....	70
<i>Figura 11:</i> Construcción de monumentos.....	71
<i>Figura 12:</i> Medición de monumento FLO-001.	72
<i>Figura 13:</i> Medición de monumento FLO-002.	72
<i>Figura 14:</i> Lectura de altura de equipo.	73
<i>Figura 15:</i> Equipo en medición continua a la ERP.	73

<i>Figura 16:</i> Ubicación de BM y recorrido de nivelación a Bm's FLOR-001 y FLOR-002.	75
<i>Figura 17:</i> Esquema de Nivelación Compuesta por el Punto Medio.	77
<i>Figura 18:</i> Esquema de Control Desnivel.	78
<i>Figura 19:</i> Nivel Digital Leica SPRINTER.....	82
<i>Figura 20.</i> Croquis de ubicación anillo 1.	84
<i>Figura 21.</i> Línea base en post-proceso.	85
<i>Figura 22:</i> Línea base en post-proceso.	86
<i>Figura 23:</i> Inicio de nivelación.....	87
<i>Figura 24:</i> Punto de cambio.	87
<i>Figura 25:</i> Llegada al BM-FLOR001.....	88
<i>Figura 26:</i> Llegada al BM-FLOR001.....	88
<i>Figura 27.</i> Llegada al BM-FLOR002.....	89
<i>Figura 28:</i> Llegada al BM-FLOR002.....	89
<i>Figura 29:</i> Posicionamiento sobre base CL-02.	90
<i>Figura 30:</i> Posicionamiento sobre BM-G12.....	90
<i>Figura 31:</i> Puntos de apoyo.....	91
<i>Figura 32:</i> Plan de vuelo aplicado al área.	92
<i>Figura 33.</i> Se guarda el espacio de trabajo antes de comenzar, asigné el nombre de Proy.1 para el procesamiento en Agisoft.	93

<i>Figura 34.</i> Acto seguido se coloca las 330 aerofotogramas que se obtuvieron en el vuelo de RPA, seleccionamos la carpeta que la contiene en el ordenador.....	93
<i>Figura 35:</i> Se espera a que cargue las fotos.	94
<i>Figura 36:</i> Se elige la opción de cámaras individuales y de esa manera se mostrará un panel con las fotos individuales que tomo el RPA y en la parte superior el ordenamiento de dichas fotos.	94
<i>Figura 37:</i> Nos vamos a la pestaña de Referencia de la parte izquierda inferior, se puede observar que las fotos están en coordenadas geográficas.	95
<i>Figura 38:</i> Convertiremos a las coordenadas UTM la cual hemos trabajado, para ello vamos a la opción de convertir coordenadas.	95
<i>Figura 39.</i> Elegimos la opción de Sistema de coordenadas proyectadas-World Geodetic System 1984-WGS 84 / UTM Zone 18S.....	96
<i>Figura 40.</i> Una vez damos aceptar las coordenadas geográficas pasaron a UTM de la zona de trabajo.	96
<i>Figura 41.</i> Nuestra primera opción a realizar son la orientación de las fotos, en ello vamos a la pestaña de flujo de trabajo y vamos a dicha acción.....	97
<i>Figura 42:</i> Después de aceptar se estará procesando la orientación de cada foto.....	97
<i>Figura 43:</i> Procesamiento de cada foto aérea representada por círculos azules.	98
<i>Figura 44:</i> Tiempo de procesamiento de cada foto aérea representada por círculos azules.....	98

<i>Figura 47 y 48.</i> En el siguiente paso del flujo de trabajo se colocará los puntos obtenidos en GPS diferencial y procesados para que este más precisos en sus coordenadas, actualmente con el trabajo levantado nos da un error de 2.75m.....	100
<i>Figura 49 y 50:</i> Se filtrará las fotos por los marcadores que se ha introducido de esa manera se obtendrá la real georreferenciación.....	101
<i>Figura 51:</i> Nos apoyaremos también de puntos de apoyo estos son puntos fijos reconocidos por un número y una “X” en el espacio de trabajo para fácil reconocimiento.....	102
<i>Figura 52:</i> Se ubican los demás puntos de apoyo en todo el vuelo.....	102
<i>Figura 53 y 54.</i> Se procede a orientar nuevamente las fotos ahora con los puntos de control y apoyo.....	103
<i>Figura 55 y 56:</i> Optimizamos las cámaras en la pestaña herramientas.	104
<i>Figura 57:</i> Procesamiento de optimización de las cámaras indicando el tiempo que va a tardar.	105
<i>Figura 58:</i> Siguiendo el flujo de trabajo haremos la nube de puntos densa.	105
<i>Figura 59 y 60:</i> Creación de la nube de puntos densa.	106
<i>Figura 61.</i> Progreso de procesamiento en tiempo de la nube de puntos densa.	107
<i>Figura 62.</i> Se muestra la nube de puntos densa terminada de procesar, se tomó en una calidad media y filtrado moderado 2 horas y 39 minutos.	107
<i>Figura 63:</i> Gracias al nivel de filtrado se muestra el nivel de confianza de los puntos mostrando en un rango de color del 1 (poca confianza) al 10 (mucho confianza).	108

<i>Figura 64:</i> Clase de puntos, no se tiene clasificación de puntos por ello se creará uno.	108
<i>Figura 65:</i> En herramientas la opción nube de puntos densa elegimos la opción clasificar puntos.	109
<i>Figura 66:</i> Elegimos todas las opciones de clasificación y aplicamos una confianza de 95%, se digita 0.05 en el recuadro mostrado.....	109
<i>Figura 67:</i> Se generará la clasificación de los puntos, esto nos permitirá tener el terreno para determinar las curvas de nivel y crear el modelo de digital de elevaciones.	110
<i>Figura 68:</i> Resultado de la clasificación de los puntos.	110
<i>Figura 69:</i> Se muestra la clasificación en áreas verdes, edificios, vehículos y terreno.	111
<i>Figura 70:</i> Configuración para la creación de malla del terreno.....	112
<i>Figura 71:</i> Resultado de la malla del terreno, 1 minuto y 5 segundos de procesamiento.	112
<i>Figura 72:</i> Siguiendo el flujo de trabajo pasamos a obtener el modelo digital del terreno.	113
<i>Figura 73:</i> Configuramos las opciones de creación y le damos aceptar.....	113
<i>Figura 74:</i> Tenemos la representación en orto con sombreado respectivo, al costado izquierdo nos da el rango de elevaciones por color y el tiempo que se ejecutó.....	114
<i>Figura 75:</i> Configuración para la obtención de curvas de nivel.....	115
<i>Figura 76:</i> Obtención de curvas de nivel cada 0.50m.	115
<i>Figura 77:</i> Acercamiento a las curvas de nivel cada 0.50m.	116
<i>Figura 78:</i> Opción para la creación de ortomosaico.....	117
<i>Figura 79:</i> Configuración de para el ortomosaico.....	117

<i>Figura 80:</i> Se obtuvo el ortomosaico total del proyecto en 19 minutos y 38 segundos.	118
<i>Figura 81:</i> Ortomosaico superpuesto con las curvas de nivel.	118
<i>Figura 82.</i> Exportamos el producto de ortomosaico para crear un plano de presentación.....	119
<i>Figura 83.</i> Exportamos el producto de modelo digital de elevaciones (DEM) para crear un plano de presentación.....	119
<i>Figura 84:</i> Exportamos el producto de modelo digital de elevaciones (DEM) para crear un plano de presentación.....	120
<i>Figura 85 y 86:</i> Se titula el proyecto y se guarda su ubicación, despues se coloca las fotos del levantamiento por dron.	121
<i>Figura 87 y 88:</i> Se carga las fotos del levantamiento del dron.....	122
<i>Figura 89.</i> Se modifica las coordenadas a UTM del levantamiento del dron.	123
<i>Figura 90:</i> Se elige la opción 3D Maps que será la que nos procesará las fotos de manera que tengamos resultados topográficos.	123
<i>Figura 91:</i> Se muestra las posiciones de las fotos que tomo le dron en su plan de vuelo.....	124
<i>Figura 92.</i> Configuración 1 del procesamiento.	124
<i>Figura 93.</i> Se inicia el procesamiento de cada foto obtenida.	125
<i>Figura 94.</i> Se muestra mediante la barra el avance foto por foto guiándose del plan de vuelo.	125
<i>Figura 95:</i> Se muestra mediante la barra el avance de procesamiento ya casi completo del plan de vuelo.....	126
<i>Figura 96:</i> Se completo la calibración de las fotos, mostrando ningún error en alguno.	126

<i>Figura 97:</i> Se coloca los puntos de apoyo, en este caso el FLOR-001, y se hace coincidir con las fotos del proyecto.....	127
<i>Figura 98.</i> Se coloca los puntos de apoyo, en este caso el FLOR-002, y se hace coincidir con las fotos del proyecto.....	127
<i>Figura 99.</i> Se coloca los puntos de paso, los cuales son solo marcados en el proyecto y se hace coincidir con las fotos.	128
<i>Figura 100.</i> Elegimos la opción de <i>Reoptimizar</i>	128
<i>Figura 101.</i> Proceso de cargado con los puntos de apoyo y de paso.....	129
<i>Figura 102.</i> Una vez cargado pasamos al paso 2 para determinar la nube de puntos y malla 3D, se hace la configuración respectiva de la nube de puntos.....	129
<i>Figura 103:</i> Una vez cargado pasamos al paso 2 para determinar la nube de puntos y malla 3D, se hace la configuración respectiva de la malla 3D.	130
<i>Figura 104:</i> Aceptamos para que inicie el proceso.	130
<i>Figura 105.</i> Quedamos a la espera de su proceso de carga.	131
<i>Figura 106:</i> Completado se muestra el resultado de la nube de puntos.	131
<i>Figura 107:</i> Pasamos ahora al procesamiento de MDS, ortomosaico e índices, hacemos la configuración respectiva en MDS, ortomosaico y recursos adicionales.....	132
<i>Figura 108:</i> Aceptamos para que inicie el proceso.	132
<i>Figura 109.</i> Se da fin al proceso, mostrando resultados.....	133
<i>Figura 110:</i> Se obtuvo el ortomosaico total del proyecto en 1 hora 51 minutos y 8 segundos..	133

Figura 111: Tenemos la representación del modelo digital del terreno que duro el procesamiento en 1 hora 24 minutos y 13 segundos, cabe señalar que las curvas de nivel, MDT y ortomosaico son exportadas con anticipación en este último proceso. 134

Figura 112: Curvas de nivel obtenido por Agisoft Metashape. 137

Figura 113: Curvas de nivel obtenido por Pix4D. 138

Figura 114: Superposición de las curvas de nivel de ambos programas..... 139

Figura 115. Ortomosaico obtenido por Agisoft Metashape. 142

Figura 116. Ortomosaico obtenido por Pix4D 143

RESUMEN

La investigación se hizo mediante un diseño descriptivo – explicativo, se compara qué software de fotogrametría, Agisoft Metashape y Pix4D; es el adecuado para el uso en zonas urbanas, en este caso aplicado en la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021. El mercado de fotogrametría se está ampliando al igual que los software de procesamiento requeridos, se optaron por los programas que se mencionaron antes ya que son los más conocidos y más comerciales , los dos son muy utilizados a nivel mundial pero cada uno se desarrolla de distinta manera y para saber que programa es el que representa de manera más verdadera el terreno de manera física a digital se ha hecho esta investigación de manera q sea un aporte más al momento de abordar trabajos de esta misma rama. La muestra de estudio se realizó mediante un vuelo de dron obteniendo 330 fotos aéreas, se emplearon como instrumentos Nivel digital, GPS diferencial, un dron, y una laptop de la cual se procedió a procesar las imágenes obtenidas en los softwares antes mencionados.

Los resultados indican que para proyectos de fotogrametría en zonas urbanas el Pix4D es bueno, ya que el resultado del producto del modelo digital de terreno (MDT) representa de manera más fehaciente el terreno real, asimismo el Agisoft Metashape presenta más ventajas con respecto al ortomosaico que también es un producto del trabajo fotogramétrico teniendo mayor calidad y menor tiempo en su obtención, solo que para trabajos donde se tenga una data a trabajar el Pix4d presenta mejor nivel. En caso no se pueda trabajar por algún motivo con el Pix4d, se tiene que tener algunas consideraciones con Agisoft Metashape como es colocar más puntos de control y puntos de paso.

Palabras clave: Fotogrametría, dron, RPA, Pix4D, Agisoft Metashape.

ABSTRACT

The research was done through a descriptive - explanatory design, comparing which photogrammetry software, Agisoft Metashape and Pix4D; it is suitable for use in urban areas, in this case applied in the Plaza de Flores metropolitan station and intersection of its roads - Barranco - Lima, 2021. The photogrammetry market is expanding as well as the required processing software, the programs that were mentioned before were chosen since they are the best known and most commercial, both are widely used worldwide but each one is developed in a different way and to know which program is the one that most truly represents the terrain From physical to digital, this research has been done in such a way that it is one more contribution when approaching works in this same branch. The study sample was carried out by means of a drone flight obtaining 330 aerial photos, digital level, differential GPS, a drone, and a laptop were used as instruments, from which the images obtained were processed in the aforementioned software.

The results indicate that for photogrammetry projects in urban areas, Pix4D is adequate, since the result of the product of the digital terrain model (DTM) represents the real terrain in a more reliable way, also the Agisoft Metashape presents more advantages with respect to the orthomosaic that is also a product of photogrammetric work having higher quality and less time to obtain it, only that for works where there is a data to work with, Pix4d presents a better level. In case you cannot work for some reason with Pix4d, you have to have some considerations with Agisoft Metashape, such as placing more control points and waypoints.

Keywords: Photogrammetry, drone, RPA, Pix4D, Agisoft Metashape.

INTRODUCCIÓN

En el Perú, un país en desarrollo maneja el objetivo de brindar transitividad, conexión y acceso entre todas las regiones, también mejorar las ya existentes, todos estos trabajos empiezan en el punto de la topografía, topografía que requiere una representación de lo real a lo digital para el manejo de datos y detalles posteriores de ingeniería, una herramienta que ha tomado mucho valor en el tema de obtención de terreno ya sea de grandes áreas o pequeñas es la fotogrametría a partir de RPA (drones).

La fotogrametría conlleva una serie de pasos de las cuales la obtención de las fotos aéreas es importante pero también lo es el procesamiento de estas y esta tesis detallará el proceso y la comparación de dos softwares de fotogrametría más importantes y comerciales las cuales son el Agisoft Metashape y Pix4d.

Si bien es cierto estos programas están orientados a la representación digital del terreno, cada uno lo desarrolla de manera distinta y a partir de ello se genera la duda y competencia de cual es la mejor o la más adecuada para ciertos trabajos donde el contexto del área del proyecto será un factor para optar el programa consecuente; la razón de realizar este estudio es para dar a conocer que software representa el terreno en zonas urbanizadas de manera real y posterior a ello tomar acciones con respecto a la transitabilidad que se busca en los accesos de servicio vehicular y de peatón en la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco -
Lima, 2021

Este estudio está dividido en 5 capítulos, los cuales comprenden los siguientes:

El capítulo I, comprende el planteamiento del problema, en la cual indica la realidad problemática, los problemas y objetivos. Así como las delimitaciones, justificaciones e importancia del estudio. Problema general: ¿Cuál de los dos softwares de fotogrametría, Agisoft Metashape y Pix4D es el adecuado para obtener los correctos productos fotogramétricos del levantamiento fotogramétrico de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021?

El capítulo II, constituido por, el marco teórico, antecedentes nacionales e internacionales con relación al tema de estudio y por supuesto las bases referidas al tema de la fotogrametría; se plantea la hipótesis principal: Agisoft Metashape es el software adecuado para la obtención de los productos fotogramétricos requeridos de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021.

El capítulo III, que expone la metodología, como el método descriptivo – explicativo. A su vez es precisado la población y muestra de la investigación. Al final se indican las técnicas e instrumentos empleados para recoger datos,

El capítulo IV expone los resultados, previamente detallando algunos pasos mas que hace posible la mayor exactitud de nuestros futuros productos fotogramétricos, teniendo las fotos y los pasos en geodesia se procede al trabajo en gabinete, mediante el uso de los software Agisoft Metashape y Pix4d se inserta las fotos del dron, cada uno tiene diferencias en la cantidad de pasos para finalmente llegar al producto respectivo, el procesamiento de software y hardware participan en la resolución del producto a obtener; en la contrastación de la hipótesis, se muestra las

diferencias que se tiene en los productos del procesamiento de los dos programas con respecto a los objetivos propuestos en el capítulo I

El capítulo V contiene la discusión de los resultados que es reforzada por parte de la contrastación de la hipótesis q se tuvo anteriormente

Finalmente, el capítulo VI presento las conclusiones, recomendaciones y anexos, mostrando las certificaciones de los equipos utilizados, y los métodos de geodesia, el informe del software Agisoft Metashape y Pix4D.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

Actualmente se ha expandido el uso de drones por todo el mundo, los cuales representan una aeronave pilotada a distancia (RPA), viene siendo un equipo muy apreciado en el área de topografía para la elaboración y desarrollo de trabajos en esta disciplina geográfica. Rufo Wiston Pari Rendon, Fredy Diogenes Sedano Mateo (2019). *“Análisis, desarrollo y comparación de un levantamiento fotogramétrico realizado con un RPA frente a un levantamiento topográfico convencional realizado con GNSS - Mina Barrick, 2018”* (Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil) Universidad Privada del Norte.

Desde hace mucho tiempo atrás el conocer el espacio geográfico ha sido parte fundamental para las futuras actividades del ser humano, es por ello el desarrollo de nuevas tecnologías con la finalidad de obtener la topografía de superficies terrestres, entornos de obras civiles en una versión digital que sea cada vez más idénticas de su recopilado en la realidad.

En el mercado actual global se tiene una amplia gama de softwares de fotogrametría, siendo su función el procesamiento de imágenes de una *aeronave pilotada a distancia*, de aquí en adelante RPA; existiendo distintas marcas consolidadas y en auge hace que se deba tener en consideración y evaluación previa lo que uno busca en el trabajo de levantamiento por fotogrametría para optar por el mejor programa y en consecuencia obtener una representación más cercana a la realidad. Existen en el mercado dos software más comerciales y mejor representativos de la morfología terrestre, los cuales son: Agisoft Metashape y Pix4D

En Perú se tiene una gran demanda de la fotogrametría en distintos sectores de la ingeniería cada uno para usos especiales y específicos como en agricultura, minería, movimientos de tierras, levamiento de terrenos y de estructuras de obras civiles, es por ello que han aparecido empresas dedicadas a este rubro hace poco menos de 10 años y donde también las grandes empresas han acogido a personal capacitado en vuelos aéreos. La empresa ACRE surveying solutions es uno de los pioneros globales en el uso de drones para topografía hace casi 10 años, se ha posicionado en Perú prestando sus servicios a grandes empresas y obras muy importantes, siendo así distribuidores de los softwares de procesamiento ya mencionados Agisoft Metashape y Pix4D. Por lo tanto, existen dos formas alternativas de modelar superficies 3D, generar planos, realizar mediciones precisas (longitud, área, volumen) a un costo mucho menor que los métodos tradicionales y con exactitud asegurada en todo el país.

En Lima, en el distrito de Barranco la estación del metropolitano Plaza de las Flores está ubicada en la intersección de Vía Expresa Paseo de la República y la Av. De Panamá, se procedió en hacer un levantamiento fotogramétrico para los futuros trabajos de adecuación en esta estación; por ello se debe conocer que software de fotogrametría sería el más adecuado para un contexto predominante de estructuras civiles.

Las consecuencias de no poder resolver este problema son distintas de las cuales tiene la de mayor prioridad el establecer mal los niveles de la estructura y terreno, en consecuencia, tener también errores de cuantificación de trabajos de movimientos de tierras, mal lugar de puntos de soporte de nivelación para los trabajos de modificación de la estructura de estación del metropolitano y por último un mal diseño de niveles de la estructura a posteriori con respecto al nivel del mar.

Lo que podemos hacer como profesionales es escoger el software mejor adecuado con respecto al contexto en que nos encontramos, más allá de comparaciones de costos entre ellos, pues las características técnicas y la calidad de información obtenida establecen qué programa es mejor para el proceso de todos los proyectos específicos, con base a lo que se quiere lograr.

1.2 Formulación de Problema

1.2.1 Problema general

- ¿Cuál de los dos softwares de fotogrametría, Agisoft Metashape y Pix4D es el adecuado para obtener los correctos productos fotogramétricos del levantamiento fotogramétrico de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué software de fotogrametría obtendrá mayor calidad en la ortofoto del levantamiento fotogramétrico de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021?
- ¿Cuál de los dos softwares de fotogrametría será el que procese en menor tiempo las imágenes del levantamiento fotogramétrico de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo general

- Determinar entre los softwares de fotogrametría, Agisoft Metashape y Pix4D, el adecuado para la obtención de los productos fotogramétricos de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021.

1.3.2 Objetivo específico

- Determinar el software de fotogrametría que obtendrá mayor calidad en los productos fotogramétricos del levantamiento fotogramétrico de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021.
- Conocer de los softwares de fotogrametría el que procese en menor tiempo el levantamiento fotogramétrico de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021.

1.4 Justificación de la Investigación

- **Justificación teórica**

Aplicar los manuales de los softwares a utilizar y los estudios de geodesia y topografía para obtener el terreno digital más realista del lugar.

- **Justificación Metodológica**

El próspero crecimiento del uso de la fotogrametría, desplaza a la topografía clásica en proyectos de mayor extensión queriendo tener un resultado favorable reduciendo el tiempo y lo económico. Por ello se aplicará después de la recolección de datos del vuelo con dron, el

procesamiento en dos softwares haciendo un flujo de trabajo donde se iguale los métodos de obtención de terreno digital y compararlos.

- **Justificación Práctica**

Para la obtención digital del terreno se procederá a usar un dron y los softwares ya mencionados de manera que se podrá determinar que programa es más recomendable usar en zonas urbanas

- **Justificación Social**

El estudio tiene un aporte para las personas que trabajan en rubro de construcción y los pilotos de drones, de manera que tengan una referencia al momento de elegir el programa de procesamiento de sus imágenes de vuelo

1.5 Delimitación del Estudio

Para la realización de esta investigación, se efectuó el levantamiento fotogramétrico con un dron en la Vía Expresa Paseo de la República y la Av. República de Panamá en Barranco, Lima, Lima, a 20 km de la capital del Perú. Para desarrollar el trabajo de campo se contó con recursos financieros requeridos, en cuanto a los recursos humanos, el asesor de la investigación será un docente de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

El título del estudio contiene dos variables, la primera, los productos fotogramétricos por procesamiento con el software Pix4d y la segunda es la misma obtención de productos fotogramétricos, pero a través del software Agisoft Metashape. Lo cual son necesarias para la investigación.

- **Delimitación geográfica**

Lugar: Distrito de Barranco

Provincia: Lima

Departamento: Lima

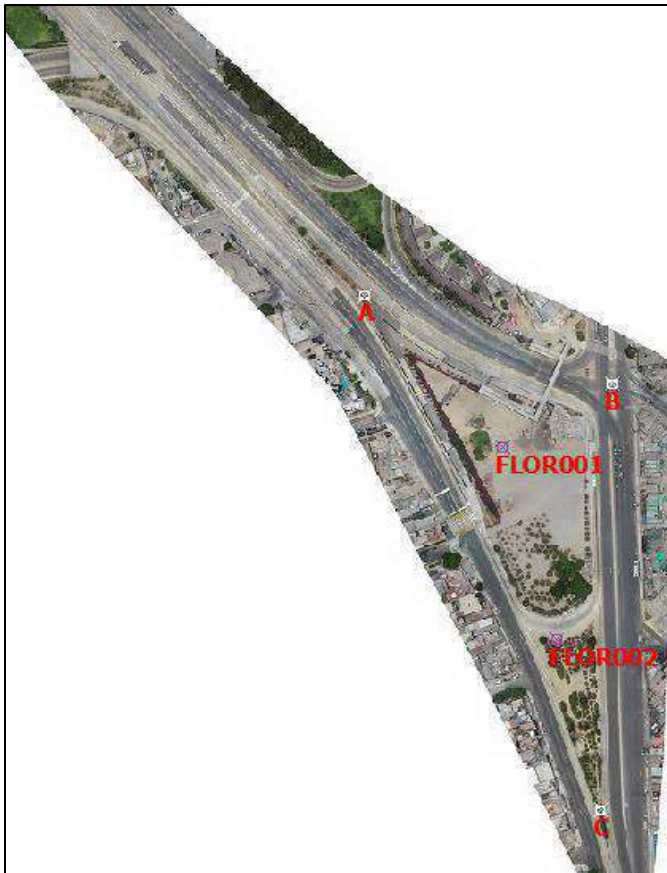


Figura 1: Zona de estudio con puntos de intersección de vías y puntos geodésicos. Fuente:

Google Earth (2021)

Tabla 1

Puntos de intersección de vías y puntos geodésicos

PTO	ESTE	NORTE	DESCRIPCIÓN
1	280342.5810	8657578.1170	FLOR001
2	280373.5300	8657467.9260	FLOR002
3	280263.3409	8657665.1318	A
4	280405.4335	8657614.3221	B
5	280398.9490	8657369.8308	C

Fuente: Elaboración propia

- **Delimitación temporal**

El estudio se desarrollará en los meses de octubre y noviembre de 2021.

1.6 Viabilidad del Estudio

- **Técnica**

Por ser una investigación de carácter técnico, este puede ser desarrollado por profesionales de la rama de Ingeniería Civil, en donde su proceso de formación, llevan cursos de topografía, geodesia, y fotogrametría; al igual que un egresado puede optar por una especialización en geomática

- **Operativa**

Operacionalmente fue viable, ya que la entidad de servicios de fotogrametría tiene los recursos humanos y herramientas para el proyecto.

- **Financiera**

El presupuesto y costo de este estudio correrá a cargo del autor de la investigación.

- **Ambiental**

Por ser una investigación netamente académica, y un método de extracción de datos no invasiva no tiene efectos de algún punto de vista en el medioambiente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.2 Investigaciones Internacionales

A nivel europeo se tiene a:

Sergio Figueras Sánchez. (2018). *“La integración de nubes de puntos generados a partir de técnicas de fotogrametría aérea por multicorrelación de zonas urbanizadas”* (trabajo fin de máster). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. Este trabajo tiene como finalidad mejorar la homogeneidad y densidad de las nubes de puntos obtenidas por fotogrametría aérea. A razón de ello, fue realizado otro vuelo de fotogrametría oblicua de diferentes características. Se utilizó el software comercial Pix4D y Photoscan para el procesamiento. Por lo tanto, se expone el método para fusionar todos los vuelos desde puntos de enlace. Después de eso, también se efectúa una breve comparación de los dos softwares. Al final, se debate qué programa es el más adecuado para este clase de investigación, al respecto con los modelos 3D alcanzados por fusión y la calidad de las nubes de puntos mejoradas.

En Latinoamérica se suscitaron estudios del desarrollo de la fotogrametría en distintos ámbitos como, por ejemplo:

Edgar Felipe Tarazona Bran. (2017). *Análisis de un método que permita el estudio geológico de afloramientos inaccesibles* (tesis de pregrado) Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, en su tesis de grado se buscó implementar un método que permita obtener información estructural de un afloramiento geológico. El proyecto se desarrolló en la vía principal que

comunica a la ciudad de Bogotá con el municipio de Choachí. Se tomaron mediciones estructurales en dos planos diferentes de un afloramiento elegido (un plano de fractura y un plano de estratificación); también se fotografió dicho afloramiento geológico, con lo cual se obtuvo un total de 2 adquisiciones de fotografías que posteriormente fueron introducidas en programas de procesamiento de fotografías (Agisoft Photoscan y Pix4D), los cuales arrojan como resultado un modelo digital y tridimensional. Como resultado final, se estimaron las diferencias y se pudo observar que la variación entre las mediciones reales y digitales no aumentaba los 10°, concluyendo que el método es de uso aceptable.

Gabriel Alexander Costales Acurio. (2018). *“Análisis comparativo entre los softwares de prueba Agisoft photoscan y Pix4D para el procesamiento de datos obtenidos con fotogrametría de vehículo aéreo no tripulado (UAV) de bajo costo aplicado a proyectos de medio ambiente”* (proyecto previo a la obtención de título de ingeniero ambiental) Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador; Se realizó dos levantamientos fotogramétricos en una cantera de la ciudad de Ambato y en terrenos de Riobamba, donde se realizó el proceso con las versiones de prueba del programa Pix4D y Agisoft PhotoScan. Como producto se obtuvo el MDT (modelo digital de terreno), ortomosaico, y el informe del procesamiento instaurado por ambos programas, también se procedió a calcular el volumen de cante y áreas de los terrenos para poder evaluar los atributos de estos softwares para este tipo de trabajo. Los resultados fueron con respecto al periodo de procesamiento Agisoft es de 3,3 veces superior a Pix4D en vuelo de terrenos y 2.4 veces superior en el vuelo en la cantera, a nivel del ortomosaico ambos presentan buena nitidez y detalle de imagen, con respecto al MDT Agisoft presenta sobre posición en algunas cotas de sus curvas de

niveles mientras y por último en el tema de cálculos de solemnes y áreas Pix4D presenta más alternativas de cálculo.

2.3 Investigaciones Nacionales

Omar Christian Quispe Enriquez (2016). “*Propuesta metodológica para la generación de ortofotomapas desde imágenes aéreas obtenidas con microdron – multirrotor, área de estudio: playas distrito de Barranco, Lima-Perú*” (tesis para la obtención del título profesional de ingeniero geógrafo) Universidad Nacional Mayor San Marcos, Lima, Perú; Se llevó a cabo todas las preparaciones del vuelo y se aplicó en el lugar de estudio, posterior a ello se obtuvo las fotos y se procesó en Agisoft PhotoScan para poder tener la ortofoto del proyecto escala 1:1000 y pueda cumplir con las especificaciones q demanda los organismos técnicos nacionales, se hizo el procesamiento dos veces, la primera fue la no controlada y la segunda fue con los puntos de control que se colocaron en el proyecto, todo ello para corroborar la calidad de la ortofoto. La ortofoto final obtenida fue confirmada por un levantamiento de orden mayor con una confiabilidad de traza del 76% a escala 1:1000, pero 90% de la confiabilidad requerida por IGN a escala 1:1500

Carlos Rodny Alvarado Calderón (2020). “*Análisis de la precisión entre los levantamientos aerofotogramétricos realizado con el dron ebee plus y topográfico realizado con el GPS diferencial en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan Huánuco – 2019*” (tesis para optar el título profesional de ingeniero civil) Universidad Nacional Hermilio Valdizan Huánuco, Huánuco, Perú; para la comparación el primero método es con el uso del dron para ello se realizó una inspección visual del lugar de estudio, se procede a crear un plan de vuelo para el dron ,se

realiza un levantamiento aerofotogramétrico usando el dron Ebee Plus y luego se procesa las fotos tomadas para obtener el modelo digital del levantamiento con el software Pix4D. El segundo método es levantar la superficie mediante el uso del equipo GPS diferencia de técnica del RTK con el cual nos dará la posición y la altura de manera que se pueda crear le modelo digital también, como resultado se obtuvo; con la cantidad de puntos de control en el vuelo un resultado de 91% confiable esto nos permite obtener un modelo digital del terreno (MDT) y mejores resultados en la georreferenciación del proyecto.

Yort Eli Flores Ramírez, Hildemaro Díaz Soria (2020). “*Comparación de postproceso entre el software Pix4D y Agisoft Metashape de un levantamiento topográfico con RPAS*” (trabajo de Investigación para optar el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Civil) Universidad Peruana Unión, Lima, Perú. Este artículo tiene el objetivo de determinar las diferencias entre Pix4D y Agisoft Metashape utilizando un análisis comparativo entre los recursos obtenidos, así como la información proporcionada por proyectistas con fines de investigación, procesados en ambos programas. Para la recogida de datos se empleó un dron Phantom 4 y GPS diferencial, y se recogieron 20 puntos de control y 3 puntos de trabajo.

2.3.1 Bases Teóricas

2.3.1.1 Fotogrametría aérea

Introducción a la Fotogrametría y Cartografía aplicadas a la Ingeniería Civil, Elia Quirós Rosado. En conformidad con Bonneval, la fotogrametría es una técnica diseñada para estudiar y precisar con exactitud la forma, la posición y las dimensiones de cualquier objeto en el espacio, en especial a partir de mediciones realizadas en una o más fotografías.

La fotogrametría aérea es una disciplina que posee la finalidad obtener datos, dimensiones y características físicas propias de un terreno en estudio con la ejecución de un vuelo mediante un dron y/o RPAS, en esta actividad la aeronave pilotada a distancia generará fotografías a una altura determinada para posteriormente hacer en un procesamiento digital y representar gráficamente el terreno en mención en planos.

2.3.1.2 Vuelo Fotogramétrico

Norma técnica-Especificaciones técnicas para la producción de cartografía básica escala 1:5000 – IGN. El vuelo fotogramétrico posee como objetivo obtener un encuadre vertical del terreno región de interés con cobertura estereoscópica considerando siempre cada margen requeridos para la geometría óptima del producto final. El vuelo con dron consta de pasos de cuales su orden y verificación harán que nuestro resultado sea el adecuado:

2.3.1.3 Plan de vuelo

Estudio previo al vuelo de dron

Para el vuelo que realizaremos se tiene que hacer los preparativos correspondientes de la zona de proyecto, de los cuales son; conocer y recopilar información sea estos mapas, fotos, archivos digitales, catastros, plataformas digitales georreferenciadas, etc. Todo ello para poder tener accesos de entradas, tener un punto de despegue y aterrizaje. Una vez el RPA este en el vuelo, el piloto deberá mantener visibilidad directa con el dron durante todo su recorrido y para poder movilizarse en sincronía con el RPA ayudará toda la información del terreno que se tenga para trazar la ruta de vuelo del RPA.

Una vez identificado el lugar de trabajo mediante la información recolectada se procede a visitar la zona para demostrar que con todo lo recopilado tenga concordancia, se procede a elegir un adecuado RPA según las condiciones físicas y ambientales vistas en el pre recorrido del vuelo fotogramétrico y se hace un análisis de posibles riesgos que puedan afectar a nuestro RPA como también evaluar si nuestro RPA no sea un peligro para el lugar y tiempo que se realice el vuelo, posteriormente el vuelo se realizara a cargo de un piloto licenciado por la DGAC, organismo regulador de aeronáutica civil del MTC.

Requerimiento para el vuelo de dron

Teniendo en consideración las condiciones climatológicas y geográficas del lugar del vuelo a realizar, se debe limitar el alcance del trabajo para tener la mejor accesibilidad de los lugares de despegue y aterrizaje en la cantidad de vuelos que vayamos a realizar y también considerar la visibilidad de los objetos por parte del RPA para elegir la altura y escala adecuada.

Estudio de las características fotogramétricas

GSD (Ground Simple Distance), comprende la distancia entre los centros de dos píxeles sucesivos medidos en el suelo. Los proyectos con GSD mayor tendrán detalles menos visibles. La GSD se perjudica por la altura del vuelo y detalles de la cámara a una altura más cerca el terreno se tendrán resultados más detallados



Figura 2: La imagen de la izquierda tiene un GSD de 5 cm, y la imagen de la derecha tiene un GSD de 30 cm. *Fuente:* Pix4D ¿Qué es la precisión en un proyecto de mapeo aéreo?

Altura de vuelo, si se requiere una mayor precisión se tendrá que tener un adecuado GSD, de lo cual se tendrá que contar con una adecuada altura, de esta manera la altura es un elemento variable dependiente de las necesidades del proyecto; con un GSD inferior se podrá tener una mayor cantidad de detalles posibles

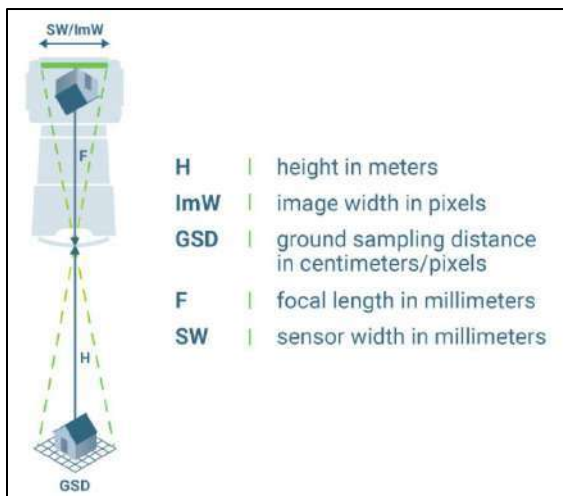


Figura 3: Cálculo de la altura de vuelo correcta implica la relación entre el ancho del sensor, la distancia focal y el ancho de la imagen. *Fuente:* Pix4D ¿Qué es la precisión en un proyecto de mapeo aéreo?

Para el cálculo de la altura de vuelo:

$$H [m] = (ImW * GSD * F) / (SW * 100)$$

H: Altura en metros

ImW: Ancho de la imagen en pixeles

GSD: Distancia de muestreo del suelo en centímetros

F: Distancia focal in milímetros

SW: Ancho del sensor en milímetros

Traslape Longitudinal, es la parte donde se encuentran puntos en común entre fotos consecutivas siguiendo la ruta de vuelo, esto permitirá en adelante un adecuado procesamiento.

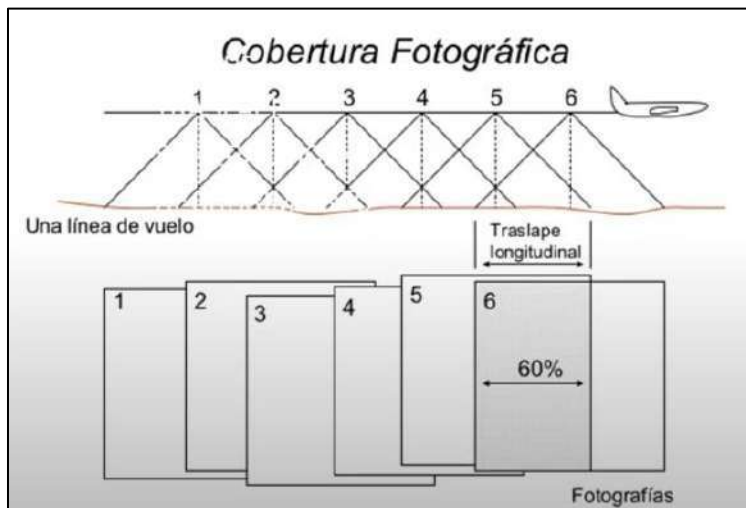


Figura 4: Recubrimiento longitudinal. Fuente: Traslapes en fotogrametría – Youtube.

Autor: Lazo Solorzano Diane Medaly

Traslape Transversal, es la parte donde se encuentran puntos en común entre fotos paralelas en sus líneas de vuelo correspondientes siguiendo la ruta de vuelo, esto permitirá en adelante un adecuado procesamiento.

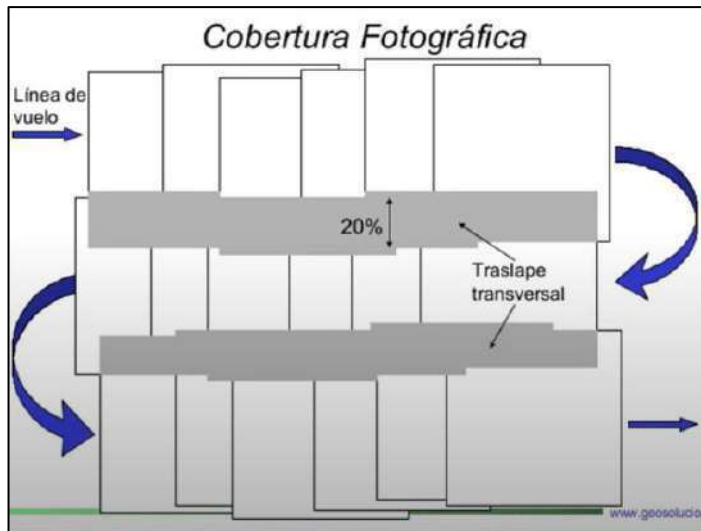


Figura 5: Recubrimiento Transversal. Fuente: Traslapes en fotogrametría – Youtube.

Autor: Lazo Solorzano Diane Medaly

Tiempo de captura, intervalo de disparo de la cámara instalada en el RPA.

Número de fotografías por línea de vuelo, al tener una memoria donde se guardará cada fotograma tomado se debe considerar la cantidad necesaria para evitar su saturación.

Georreferenciación de imágenes, las imágenes deben contar con la respectiva orientación en la zona donde trabajaremos para facilitar su procesamiento.

Número de líneas de vuelo, de la ruta programada a volar se puede elegir la trayectoria que recorrerá para obtener las fotos en todo del área que abarca el proyecto, de esa manera se obtendrá las líneas de vuelas y el tiempo que llevará ejecutarlas.

Puntos de control, cada punto de control será reconocido por sus tres coordenadas y nos dará una georreferenciación con el terreno que estaremos trabajado cada uno estará identificado en el área del proyecto de manera que en el procesamiento sea identificable y poder asignarle sus coordenadas reconocidas.

2.3.1.4 Prevuelo

Señalización de los puntos de control

Cada punto de control debe ser identificables una vez el dron este en el vuelo y será posible con el tamaño que se le haya asignado una vez elegido el GSD, se toma lectura de los puntos señalados.

Verificación de elementos aptos para el vuelo

Se tendrá que hacer una revisión para el buen funcionamiento de sus características y elementos que forman parte del RPA previo a vuelo:

- Motores
- Baterías
- Calibración del RPA
- Control sistema a tierra
- Cámara fotográfica
- Memoria

2.3.1.5 Desarrollo del plan de vuelo

El trabajo fotogramétrico de campo consiste en la toma de información de campo (fotogramas), almacenados en la memoria interna de la cámara fotográfica. Igualmente son almacenadas las coordenadas de la posición de los equipos RPAS en el momento de la toma fotográfica, así como la información de la telemetría en el momento de la toma fotográfica. Estos datos facilitan el cálculo de los procesos de restitución que se realizan en gabinete.

2.3.1.6 Procesamiento digital

Para procesar todos datos fotogramétricos se utilizarán ordenadores con alta capacidad de procesamiento, debido a la resolución de la información procedente del vuelo. Estas fotografías son procesadas mediante el uso de software especializados en restitución fotogramétrica que toman como base de procesamiento la información almacenada en cada fotografía (altura del vuelo, características físicas de la cámara, etc.).

Para la obtención de cada uno de los productos descritos en los párrafos anteriores, es necesario incorporar la totalidad de las fotografías del vuelo al software de edición, el cual, apoyado en los archivos que contienen los puntos base de apoyo en tierra, genera de forma preliminar un modelo cuya orientación ésta basada en estos puntos realizando un reconocimiento de las fotos cercanas a estos puntos.

En este modelo preliminar se pueden visualizar aquellos puntos que pueden generar una distorsión en el modelo final; estos puntos serán llevados luego a sitio mediante un ajuste en las fotografías correspondientes. De ser necesario y de no lograr un ajuste correcto entre dichos puntos y las fotografías correspondientes, se opta por eliminar del modelo estas fotografías, para trabajar

solamente con aquellas que permitan la correcta generación del modelo final, es decir, los puntos de apoyo colocados en el sitio con estación total topográficas son los que definen mediante la aerotriangulación las coordenadas finales de cada una de los fotogramas realizando un ajuste en su metadata (posición X, Y, Z) obteniendo así la posición corregida del modelo final.

Una vez obtenidas las imágenes adecuadas con las características definidas se procede con la aerotriangulación de todas las imágenes, proceso con el cual se generará el modelo 3D. Dicha aerotriangulación.

Agisoft Metashape

Este software posibilita la generación de ortofotos georreferenciadas de alta resolución DEM (modelo digital de elevación) detallados y DTM (modelo digital de terreno). Su flujo de trabajo es de muy sencillo manejo y hace a todo usuario gestionar y procesar las imágenes aéreas tomados por el RPA para producir los datos de fotogrametría en un nivel profesional en todos los sectores de ingeniería. Entre sus principales atributos se menciona en la página web del grupo ACRE, empresa en el sector de la fotogrametría aquí en Perú, lo siguiente:

• Topografía y mapeo

Basado en la tecnología de vanguardia desarrollado por Agisoft, permite un procesamiento muy rápido, proporcionando al mismo tiempo resultados precisos (hasta 3 cm para antena, y hasta 1 mm para fotografía de corto alcance). Agisoft Metashape es capaz de procesar miles de fotos, sin la necesidad de transmitir los datos a otra empresa externa, por lo que es la solución ideal para procesamiento de datos sensibles.

- **Medición**

Reconstruya guías poligonales y DSM de alta precisión con Agisoft PhotoScan lo que permite mediciones precisas del volumen y área. El procesamiento de fotografías multispectrales y medir del índice NDVI lo convierten en un instrumento invaluable para agricultura de precisión.

- **Visualización**

Las capacidades de procesamiento en red de Agisoft PhotoScan le permiten disminuir efectivamente el periodo estimado mientras se trabaja con informaciones masivas. La optimización jerárquica proporciona un formato de modelo de mosaico para ciudades y escalas de guías lo que hace que todas las operaciones de Big data sean transparentes y compatibles con SIG.

Pix4D

Pix4Dmapper convierte las fotos del RPA en mapas 2D y formatos digitales 3D georreferenciados son modificables, dinámicos.

Divide la nube de puntos de color en 5 grupos:

- Vegetación elevada
- Suelo
- Edificaciones realizadas por el hombre
- Edificios

- Superficies de la carretera (cubiertas de asfalto)

Entre sus principales atributos se menciona en la página web del grupo ACRE, empresa en el sector de la fotogrametría aquí en Perú, lo siguiente:

- **Capturar**

Con cualquier cámara se captura imágenes RGB, multiespectrales o térmicas. Si se emplea un dron, debe hacer uso de la aplicación gratuita Pix4Dcapture con la finalidad de automatizar el vuelo y transferir información de imágenes.

- **Controlar**

Evaluar y mejorar la calidad de los proyectos. Los informes de calidad le brindan una vista anticipada de cada resultado de construcción de aquel detalle de calibración y más métricas de calidad del proyecto.

- **Medición**

Medir distancia volumen y área. Extraiga información del perfil de altura y realice supervisiones virtuales.

Puede utilizar plantillas predeterminadas con el fin procesamiento automático o usar configuraciones personalizadas para el control completo sobre la calidad de proyectos y la información. Escojer cuándo y cómo utilizar el procesamiento en la nube y de escritorio.

2.3.1.7 Productos fotogramétricos

- **Imágenes aéreas**, son todas las imágenes adquiridas por el dron en el plan de vuelo en formato jpeg y que poseen orientación tridimensional en el espacio.

- **Ortofotos**, se genera a partir de fotografías aéreas capturadas del plan de vuelo del proyecto a levantar, con el traslape necesario e incluyendo toda información de los puntos de control, en el procesamiento se procederá a hacer la rectificación de posiciones para formar el terreno digital y mostrar en conjunto la vista panorámica del proyecto en su conjunto.

Si hay más de un plan de vuelo las fotografías se podrán trabajar en conjunto en el procesamiento ya que obtendrán características similares y se podrán relacionar y obtener la ortofoto total del proyecto

- **Nube de puntos**, al haber hecho uso del dron, se tiene como primer producto las fotografías capturadas, después de haber pasado por el procesamiento estas fotos capturan puntos de los cuales poseen datos de orientados tridimensionalmente en el espacio, formando una exactitud milimétrica para representar la superficie realística en una digital.
- **Modelos digitales de elevaciones (DEM)**, es un modelo digital filtrado que contiene puntos no terrestres como obras civiles, de esa manera se adquiere un modelo de elevación digital apacible. Se genera un DEM cuando la vegetación y cualquier obra hecha por el hombre se eliminan de los datos de elevación. Las Directrices de Elevación de tierra desnuda son exclusivamente útiles en hidrología, suelo y planificación del uso de la tierra.
- **Modelos digitales de superficie (DSM)**, considera los objetos que forman parte de la superficie de proyecto, muestra las características hechas por la superficie de la tierra e incluye también las que son hechas por el hombre.

- **Modelos digitales de terreno (DTM)**, es un modelo similar al DSM ya que también se puede encontrar con los datos y características propias netamente del terreno natural, lo que se diferencia del DSM es que incluye elementos geográficos a su data de elevaciones como crestas, ríos, pendientes curvaturas, etc.

2.3.2 Bases Filosóficas

La fotogrametría terrestre en España (1914-1958), J. Ignacio Muro Morales, Luis Urteaga, Francesc Nadal. La fotogrametría terrestre innova técnicas topográficas tradicionales incluidas las técnicas de campo y de restauración. En la segunda mitad del siglo XIX comenzó a encontrar un uso práctico en la medición de series de mapas nacionales a gran medición. En España la fotogrametría terrestre se conoce desde hace mucho tiempo entre tanto su aspecto teórico como práctica. Sin embargo, fue desde la segunda década del siglo XX cuando se generalizó su uso especialmente en los levantamientos y recitaciones del mapa de espacios protegidos de Marruecos y el mapa topográfico de España los dos editados a escala 1:50000.

Desde principios del siglo hasta la década de 1930, el ingeniero geógrafo José María Torroja y Miret fueron uno de los pioneros organizadores, introductores e impulsores de los trabajos de fotogrametría. A inicios de la década del año 1930, donde la fotogrametría aérea comenzó a reemplazar a la fotogrametría terrestre, al tiempo facilitó significativamente la automatización del trabajo de gabinete. No obstante, las especiales circunstancias de la España de posguerra hicieron que los recursos para la fotogrametría terrestre continuaran hasta 1958.

2.3.3 Definición de términos básicos

• Términos con respecto a la operacionalidad por parte del estado

Toda actividad que se realice dentro del territorio del país es regulada por el gobierno del país, ello implica que se tenga una normativa para brindar un orden, supervisión y se tenga presente un sustento legal para el amparo del usuario que ejerce esta actividad frente al gobierno; de las actividades y definiciones que engloban el proceder de un vuelo fotogramétrico está plasmado en la Norma técnica complementaria de la DGAC (Dirección General de Aeronáutica Civil) con el tema: **Requisitos para las Operaciones de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia.**

Mencionare algunos términos básicos y complementarios que están presente en páginas anteriores y posteriores de este presente trabajo de investigación.

DGAC: La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) viene a ser el organismo que ocupa la autoridad de aeronáutica civil en la nación y por lo tanto control, supervisa regula, audita y penaliza todas las actividades relacionadas con el uso de aeronaves civiles.

AERONAVE: Una aeronave se considera un mecanismo o dispositivo capaz de circular en el sitio aéreo empleando la respuesta del aire que no sea una reacción de este ante la superficie terrestre, y es adecuado para transportar objetos y persona.

AERONAVE NO TRIPULADA: Aeronave destinada a volar sin piloto a bordo.

RPA (Remotely Piloted Aircraft): Una RPA consta de una aeronave controlada por un “piloto remoto”, situado en una “estación de piloto remoto” con ubicación fuera de la aeronave (o sea en barco, en tierra en otras aeronaves, en el espacio) quien tiene el control de la aeronave siempre y posee la responsabilidad inmediata de la operación segura de la

aeronave durante todo el vuelo. RPA puede tener muchas clases de tecnologías de conducción autónoma

Esta comprende una sub categoría de aeronaves no tripuladas. Dependiendo de su origen, etimología y finalidad, estos vehículos tienen diversas denominaciones, las más seguras son:

DRONE: el nombre del campo militar. El término de “drone” surge de dræn o dran, zángano o abeja macho, donde se puede referir al zumbido generado por sus motores, lo cual es semejante a los zánganos volando. Para este desenlace de la NTC se dejó de lado el nombre y en adelante deberá llamarse RPA.

UAV (Unmanned Aerial Vehicle): Vehículo aéreo no tripulado, término obsoleto.

OPERACIÓN CON VISIBILIDAD DIRECTA VISUAL: La tripulación remota mantiene solo contacto visual con la aeronave para tareas de vuelo y separación y precaución de anticolisiones.

PERSONAS NO INVOLUCRADAS EN LA OPERACIÓN: Cualquiera que se encuentre cerca del vuelo, despegue, aterrizaje, lanzamiento o recuperación de una RPA, que no sea un piloto de RPAS.

UAS (Unmanned Aerial System): Sistemas de aeronaves no tripuladas; aeronaves y sus componentes asociados que funciona sin piloto.

RPAS (Remotely Piloted Aircraft System):

Una serie de elementos adaptables, conformado por aeronaves pilotadas a distancia, con estaciones piloto remoto conexas, los enlaces necesarios de mando y control y cualquier

otro elemento de sistema que pueda requerirse en cualquier punto durante la operación de vuelo.

ZONA URBANA. Espacio donde habita una población que cuenta con una red de servicios básicos, tales como alumbrado público o servicios de agua potable. Incluye edificaciones, calles, plazas y toda infraestructura utilizada frecuentemente por un colectivo humano.

• **Términos geográficos por parte del estado**

El estudio de la fotogrametría en el Perú está a cargo del IGN (Instituto geográfico nacional) el cual se encarga de todo el tema geográfico, también presentan reglamentos en los cuales definen los términos correctos para la formación académica de la topografía, geodesia, cartografía y fotogrametría.

Mencionare algunos términos básicos y complementarios que están presente en páginas anteriores y posteriores de este presente trabajo de investigación.

SISTEMA UTM: Sistema de proyección Universal Transversal de Mercator

SISTEMA GEODÉSICO OFICIAL: Sistema integrado por la Red Geodésica Horizontal Oficial y la Red Geodésica Vertical Oficial, introducida y supervisada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN); constituye el sistema de referencia único a nivel nacional, el cual se encuentra compuesto al Sistema de Referencia Mundial. Está materializado por puntos ubicados dentro del área del territorio nacional, mediante marcas o monumentos que interconectados posibilitan la adquisición conjunta o por separado de su posición (La

coordenada), altitud o del sitio de la gravedad, relacionado con el sistema de referencia nacional.

RED GEODÉSICA GEOCÉNTRICA NACIONAL: Los hitos y señales de orden “Cero”, “A”, “B” y “C”, previstos dentro del territorio nacional se integran y contribuyen a este bien nacional.

RED GEODÉSICA VERTICAL OFICIAL: Comprende la red nacional de nivelación, la cual esta a cargo del “Instituto Geográfico Nacional”, con el nivel medio del mar como plano de referencia, integrada por Bench Mark (BM)) o Marcas de Cota Fija (MCF) distribuidas en las más importantes vías de circulación terrestre de la nación, y con la composición de los bienes del Estado van por el mismo camino.

• **Términos fotogramétricos**

GPS-RTK (Real Time Kinematic): La técnica de posicionamiento RTK se basa en las respuestas de los usuarios a las señales emitidas por el GPS del Sistema Global de Navegación por Satélite. La estación de referencia es la responsable de la corrección instantánea de la estación móvil, lo que significa que con la exactitud obtenida puede alcanzar el nivel centimétrico.

RGB: Es una sigla formada por los términos en Inglés Red, Green y Blue (Rojo, Verde y Azul) este hace referencia a un modo Cromático que se trata en representar un gran número de colores que obtienen desde estos tres colores básicos.

NDVI: El Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación, la cual comprende de una mezcla de bandas capturadas espectrales por el sensor de un instrumento dedicado. Esta mezcla enaltece la vegetación a través de su reacción espectral y a su vez disminuye el detalle de otros componentes ubicados cerca de la masa vegetal, como agua, suelo, entre otros.

2.4 Hipótesis de investigación

2.4.1 Hipótesis general

- Agisoft Metashape es el software adecuado para la obtención de los productos fotogramétricos requeridos de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021.

2.4.2 Hipótesis específicos

- Agisoft Metashape es el software adecuado para obtener una ortofoto con mayor calidad del levantamiento fotogramétrico de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021.
- Agisoft Metashape es el software que procesa en menor tiempo el levantamiento fotogramétrico de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021.

2.4.3 Operacionalización de las variables

Tabla 2

Definición Operacional de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Productos fotogramétricos por parte del software Agisoft Metashape	El procesamiento de imágenes obtenidas por el dron nos dará en el software Agisoft Metaphase el modelo digital de elevaciones el cual es la representación virtualizada del levantamiento en campo y el ortomosaico es cuál es la foto total de la zona de estudio	Procesamiento de imágenes	de <ul style="list-style-type: none"> • DEM (modelo digital de elevaciones) • Ortomosaico • Curvas de nivel • MDT y MDE
Productos fotogramétricos por parte del software Pix4D	El procesamiento de imágenes obtenidas por el dron nos dará en el software Pix4D el modelo digital de elevaciones el cual es la representación virtualizada del levantamiento en campo y el ortomosaico es cuál es la foto total de la zona de estudio	Procesamiento de imágenes	de <ul style="list-style-type: none"> • DEM (modelo digital de elevaciones) • Ortomosaico • Curvas de nivel • MDT y MDE

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño Metodológico

3.1.1 Tipo de investigación:

Este trabajo pertenece al nivel descriptivo-explicable, en vista de que el estudio recolecta datos y expone cada característica de los fenómenos, eventos, grupos y una circunstancia establecida, determina su conducta. (Arias , 2012, p.21).

De acuerdo a la opinión de Hernández (2018) el diseño es no experimental, ya que las informaciones se recogieron en un único momento, no fue manipulado en ningún momento, tampoco hubo la intención de manipular y hacer variar intencionalmente. (p. 152).

“La característica que posee el presente estudio es al tipo Transversal, dado que todos los datos se adquirieron dentro de un tiempo determinado, asimismo se describieron las variables y se identificaron los eventos intermedios”. (Valderrama, 2015, p. 68).

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

“Se hace referencia al ámbito del estudio, es decir, un grupo de casos o poblaciones con características similares que cumplen con los criterios de estudio y pueden ser incluidos en la investigación”. (Arias, 2012p. 81).

Debido a ello, la población analizada para este estudio se constituye por el levantamiento fotogramétrico del distrito de Barranco.

3.2.2 Muestra

“Se hace referencia al proceso de extraer una porción de una población, en otras palabras, se debe seleccionar una muestra cuyos criterios garantiza obtener los resultados la población en estudio”. (Valderrama, 2015, p.188).

La muestra es el área del levantamiento fotogramétrico

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

“Se refiere a un procedimiento construido por un investigador para recopilar toda la información necesaria para ejecutar una investigación, utilizando herramientas de medición que ayudan a obtener las características y detalles correctas de los datos”. (Cascante, 2011, 64).

3.3.1 Técnicas a emplear

Se traza la técnica seleccionada para el desarrollo del trabajo mediante levantamiento topográfico con RPAS, con utilización del dron DJI Phantom 4 PRO V.2 de los vuelos aéreos y tomas fotográficas digitales con el fin de su postproceso.

3.3.2 Descripción de los instrumentos

Para los levantamientos topográficos utilizando RPAS, se utilizarán como instrumentos los siguientes:

- Puntos de fotocontrol – DIANAS
- Drone DJI Phantom 4 Pro V 2.0
- Estación Total Topográfica TS06. 3”
- Sprinter 250 Leica
- GPS ATX1230 GG.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

“Para el análisis de datos, es necesario dividir los factores básicos de los datos a examinar respondiendo a los resultados de las discusiones presentadas en el estudio de investigación” (Rojas, 2013, p. 333).

Las informaciones adquiridas en el levantamiento topográfico con RPAS se procesarán mediante el software de Agisoft Metashape y Pix4D para la generación de los formatos Ortofotos y digitales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Análisis de resultado

4.1.1 Geodesia

Comprende la ciencia de analizar y estudiar la forma y dimensiones de la tierra. Ello incorpora la superficie del fondo marino y el campo gravitatorio externo de la tierra. A su vez se incorporan la posición y orientación de la tierra en el espacio. Para este proyecto se aplicará la “Norma técnica geodésica especificaciones técnicas para posicionamiento geodésico estático relativo con receptores del sistema satelital de navegación global.”

Algo importante de la geodesia es determinar la ubicación de un punto en la superficie terrestre a través de las coordenadas (latitud, altura, longitud,). La materialización de estos puntos en el suelo compone una red geodésica de puntos o señales horizontales compuesta por un conjunto de vértices y coordenadas geodésicas que forman la base de la cartografía nacional. “*Organismo autónomo centro nacional de información geográfica*” <https://www.ign.es/web/ign/portal/gds-teoria-geodesia>

La obtención de los fundamentos matemáticos y físicos requeridos hace de la geodesia una ciencia fundamental para otras disciplinas como la topografía, la cartografía, la fotogrametría, la navegación, la ingeniería civil, los sistemas de datos geográficos, etc. Instituto Geográfica Nacional (2015) “*Norma técnica geodésica especificaciones técnicas para posicionamiento geodésico estático relativo con receptores del sistema satelital de navegación global*”. Lima, Perú

• **Elipsoide**

En geodesia se establece una aproximación de la forma de la tierra, denominada elipsoide. Puesto que la tierra tiene rasgos ligeramente aplastados en polos y esta ensancha en Ecuador; uno de los elipsoides de referencia más usados en la actualidad es el WGS-84 (World Geodetic System 84) y su origen es el baricentro de la Tierra, y su popularidad es debido a su uso por GNSS. Cuando es medido mediante un receptor GNSS, las coordenadas calculadas se refieren a este elipsoide.

• **Geoide**

Para la definición del componente z o la altura, el elipsoide no representa una referencia adecuada. El agua en el océano posee el propósito del equilibrio y por lo tanto busca la superficie gravitatoria equipotencial, a razón de ello, se considera como referencia el nivel medio del mar, la superficie equipotencial en el área gravitatorio terrestre, llamada **Geoide**, y a esta altura es denominada ortométrica.

La relación entre la altura h elipsoidal y la altura geoidal se da través de la fórmula $h = H + N$, donde:

- h es la altura elipsoidal de un punto respecto al elipsoide
- H o altura ortométrica es la altura de un punto respecto al geoide
- N es la ondulación del geoide, la altura del geoide respecto al elipsoide.

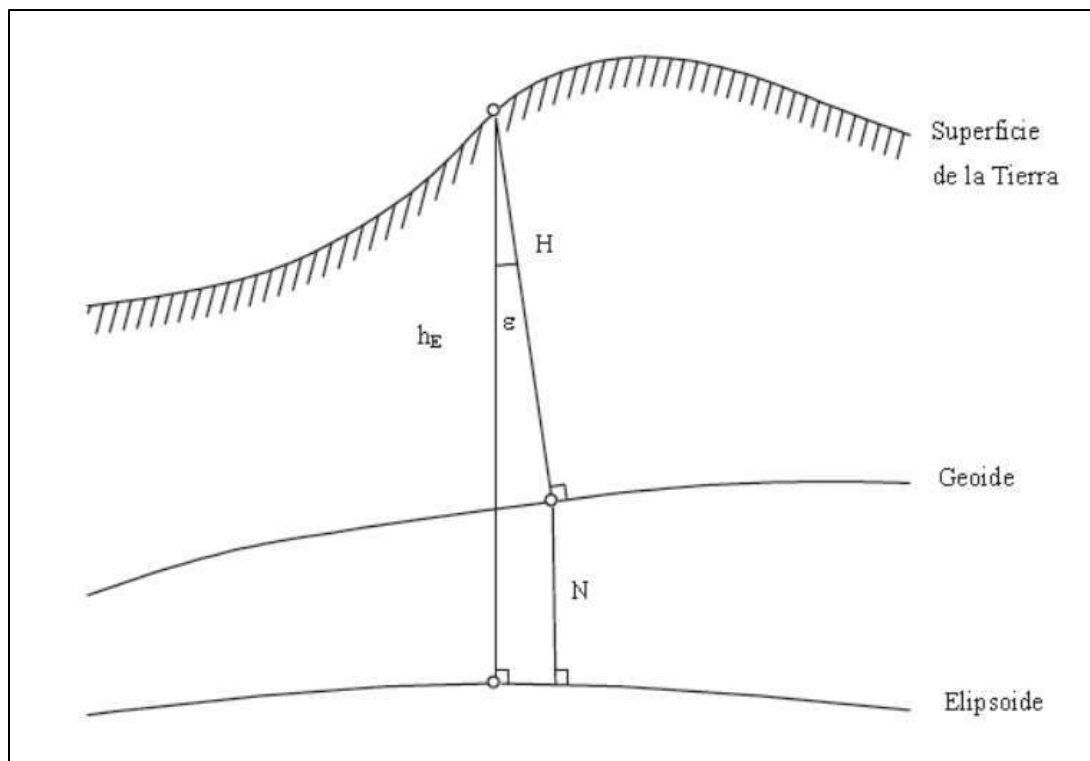


Figura 6. En este caso h y N son perpendiculares al elipsoide, y H al geoide, sigue la línea de la plomada. Fuente: GNSS. GPS: Fundamentos y aplicaciones en Geomática, capítulo 17, página 410, Varios autores

4.1.1.1 Control horizontal

• Sistema de coordenadas

WGS-84 será el sistema de coordenadas a usar, porque se hizo uso del GNSS, el cual está configurado para referenciarse a este elipsoide

Tabla 3

Parámetros de los elipsoides WGS84.

ELIPSOIDE WGS84 (WORLD GEODESY SYSTEM 1984)	
Datum	Geocéntrico
Semi Eje Mayor	6378137.00000 metros
Semi Eje Menor	6356752.31424 metros
Achatamiento	1/298.257223563

Fuente: GNSS. GPS: Fundamentos y aplicaciones en Geomática, capítulo 2, página 54, Varios autores

El sistema de proyección cartográfica en Perú es el “Sistema Universal Transverse Mercator” (UTM en inglés), un sistema cilíndrico transversal conforme, secante al globo terráqueo donde se proyecta el geoide en áreas comprendidas entre meridianos distante 6° de longitud.

En la República del Perú, el IGN tiene establecido las Zonas 17, cuyo meridiano de referencia es 81° Oeste, la Zona 18 cuyo meridiano de referencia es 75° Oeste y la Zona 19 cuyo meridiano de referencia es 69° Oeste.

Tabla 4

Tabla de referencia

DATUM DE REFERENCIA	
DATUM	WGS84
SISTEMA DE COORDENADAS	UTM
ZONA	HUSO 18 SUR
MODELO GEOIDAL	EGM 2008

Fuente: Elaboración propia

Basados en el sistema de coordenadas, para la georreferenciación de este estudio se ha establecido un punto de enlace que pertenece a la “Red Geodésica Nacional del IGN” (Instituto Geográfico Nacional), el cual corresponde a la Estación de enlace permanente SURQUILLO, con codificación “Li01”, cuyos datos se resumen en la Tabla 2.

Tabla 5

Reseña del Vértice Geodésico

COD	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIPSOIDAL	NORTE	ESTE
LI01	S12°06'10'.85940''	O77°01'0.98207''	157.6644	8661244.5893	280479.8970

Fuente: Ficha técnica IGN

Los Puntos han sido enlazados al punto LI01 perteneciente a la Red REGGEN del IGN con localización en la ciudad de Lima y distante a 3.7 km sur-este del centro aproximado del proyecto en Estudio.

4.1.1.2 Control vertical

• Geodesia de referencia

Para el control de elevaciones, se utilizaron las elevaciones elipsoidales de los puntos de Control Base del Instituto Geográfico Nacional del Perú y la corrección por el modelo de ondulación EGM2008.

El geoide es definido como superficie teóricamente no uniforme de la Tierra que conecta cada uno de los puntos de equivalente gravedad. La forma creada asume una continuación debajo de la superficie de cada continente, suponiendo que no haya mareas, una continuación del océano y la superficie del océano, que están en calma y libres de perturbaciones externas. Como perturbaciones externas están la atracción lunar (marea) y la interacción de todo sistema solar.

Este modelo de geopotencial, llamado EGM2008, es un modelo de la Tierra y consiste en coeficientes armónicos esféricos para ultimar los grados y ordenes 360, como se muestra a continuación:

El Geoide de la Tierra Modelo gravitacional EGM2008 se ha hecho público por la “National Geospatial-Intelligence Agency de Estados Unidos” (NGA), quien es el Equipo de Desarrollo EGM. Este modelo de gravedad tiene más complejidad a nivel de armónicos esféricos e incluye coeficientes agregados extendidos a 2190 y 2159 grados.

Las constantes empleadas para la definición del elipsoide de referencia y el área de gravedad normal vinculado con las ondulaciones del geoide son:

- $a=6.378.137,00\text{m}$ (semi-eje mayor del elipsoide WGS84)
- $f=1/298.257223563$ (aplanamiento del elipsoide WGS84)
- $GM=3.986004418 \times 10^{14} \text{ m}^3\text{s}^2$ (producto de la masa de la Tierra y la constante gravitacional)
- $\omega=7292115 \times 10^{-11} \text{ radianes/s}$ (velocidad angular de la Tierra)

4.1.1.3 Procedimiento para la georreferenciación

Para la georreferenciación del levantamiento Topográfico se establecieron (02) Vértices Geodésicos monumentados con dimensiones (0.30*0.30*0.30) m con fierro de Ø1/2" y vinculados al Sistema de Referencia ELIPSOIDE WGS84 (WORLD GEODESIC SYSTEM 1984) del INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL I.G.N. el cual servirá de apoyo para los trabajos Topográficos en la periferia del predio.



Figura 7. Vértices geodésico FLOR 001 Y FLOR 002. Fuente: Elaboración propia

4.1.1.4 Observaciones de los vértices geodésicos

Para la georreferenciación de estos puntos se utilizó equipos de GPS diferencial, además se aplicó el método estático con post proceso de observaciones. La metodología de observación consta en instalar un dispositivo GPS en cada punto registrando observaciones cada 5", para poder establecer las coordenadas geodésicas después de realizar el cálculo.

Se observarán y calcularán las coordenadas de (02) Vértices Geodésicos.

El propósito del posicionamiento relativo es determinar las componentes de un vector que conecta dos puntos A y B, uno de los cuales se determina que es fijo, este vector es denominada línea base o baselínea. Los componentes antes mencionados se determinarán en aumentos de coordenadas o en determinar el azimut, la diferencia y distancia relativa de altitud. Esta posición puede lograrse mediante mediciones de pseudodistancia y fase.

El posicionamiento relativo necesita las observaciones sincrónicas desde 2 estaciones A y B y 4 o una cantidad mayor de satélites, durante 2 épocas o tiempos de observación muy cercanos, con base en estos requisitos es posible instaurar varias combinaciones lineales para atenuar o eliminar el sistema inherente al error de las observaciones de fase. Se indica que este método logra una alta precisión porque elimina o anula la mayor parte del error sistemático y proporciona soluciones para que las redes estáticas alcancen la precisión que normalmente es requerida.

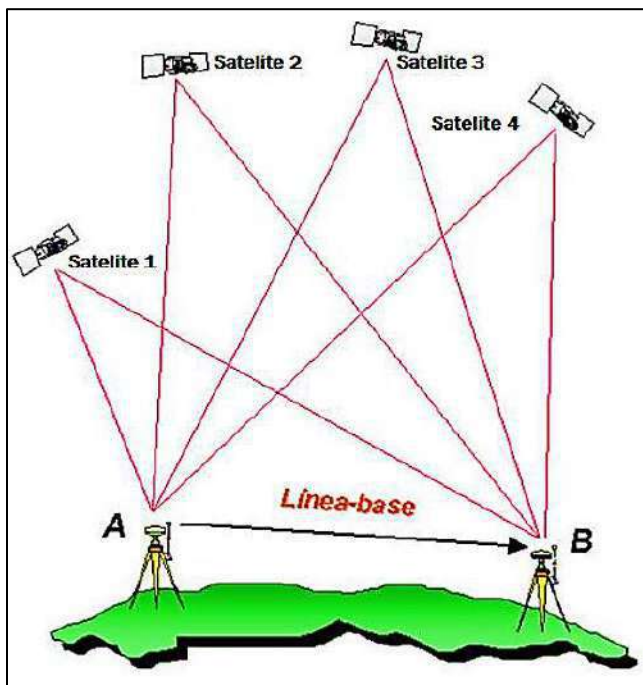


Figura 8: Posicionamiento relativo GPS. Fuente: Servicios internacionales de posicionamiento geodésico Preciso vía internet. Universidad Nacional de La Plata Facultad de Ingeniería Departamento de Agrimensura; Lahitte Cecilia, Rodríguez Tello Mauricio Nicanor

En este proyecto se realizaron observaciones comunes mediante el uso de 2 receptores GPS situados en los puntos durante la misma ventana de observación, las mediciones de esta información se realizaron de forma conjuntas, durante más de 2 horas.

Adicional a las observaciones realizadas, fue necesario para la comprobación utilizar la información de la Estaciones de Rastreo Permanente del IGN.

Se realizó un ajuste de las informaciones incluidas en el cálculo, obteniendo unas correcciones ajustadas por dicho método, el cual tiene como componentes principales el modelo matemático (relación entre observables conocidos y desconocidos) y el modelo estocástico (descripción de la distribución a priori de errores de los observables).

4.1.1.5 Actividades de gabinete

Una vez realizado las actividades de campo, se adquirió de la data correspondiente a la Estación de Rastreo Permanente (E.R.P.) más cercana del IGN, del día de la medición, con esta data y la data obtenida de la medición en campo se procede a la descarga en formato nativo del mismo GPS y Rinex obtenidas del IGN, para la generación del proceso de cálculo mediante software de post proceso Leica Infinity, el cual arrojó los resultados o coordenadas X,Y,Z, necesarias para la georreferenciación del Levantamiento Topográfico de acuerdo a las especificaciones del IGN, mediante reporte de post-proceso.

- Línea base

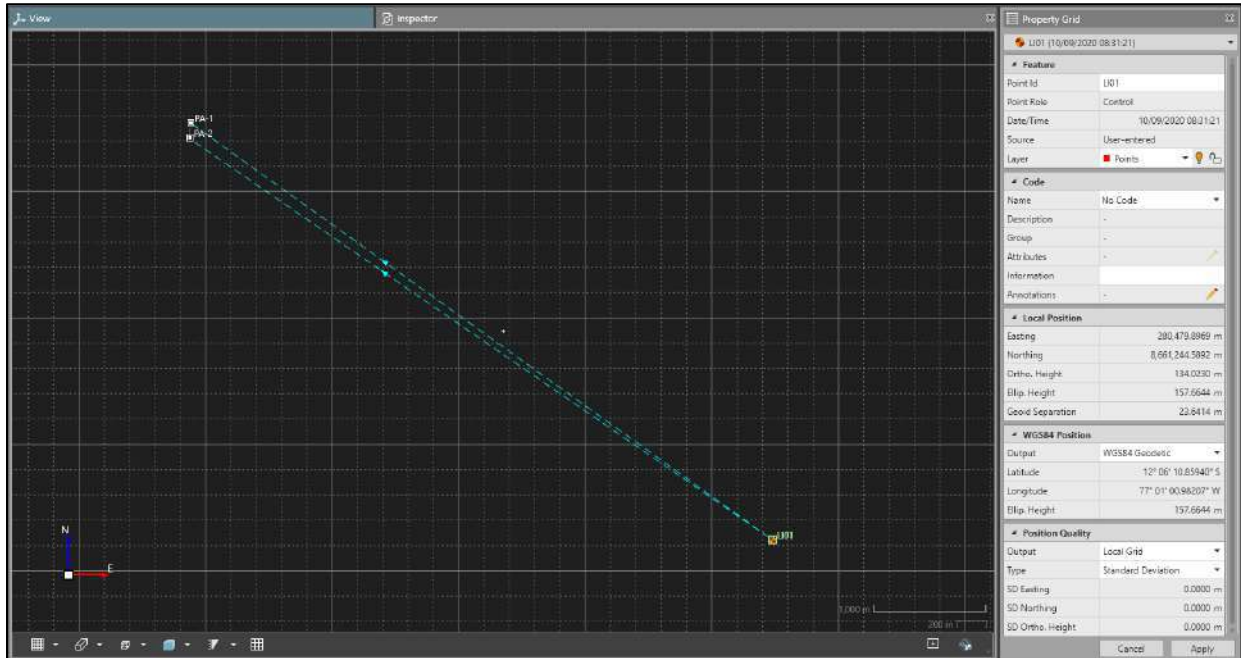


Figura 9: Línea Base en postproceso. Fuente: Elaboración propia

- Resultado de coordenadas UTM

Tabla 6

Resultados de coordenadas UTM.

ID	ROL DEL PUNTO	ESTE (X)	NORTE (Y)	ALTURA ORT.	ALTURA ELIP.
FLOR 001	FIJO	280342.5810	8657578.1182	79.0827	102.4470
FLOR 002	FIJO	280373.5297	8657467.9260	78.9646	102.3248
LI01	FIJO	280479.8969	8651244.5892	134.0232	157.6644

Fuente: Elaboración propia

• **Resultado de coordenadas geográficas**

Tabla 7

Resultados de coordenadas geográficas.

ID	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIP.
FLOR 001	12°08'10.11720"S	77°01'06.41902"	102.4470 m
FLOR 002	12°08'13.70983"S	77°01'05.42266"	102.3248 m
LI01	12°08'10.85940"S	77°01'00.98207"	157.6644 m

Fuente: Elaboración propia

• **Resultado de precisiones**

Tabla 8

Resultados de precisiones 1

ID	A. Rover	Ax (m)	Ay (m)	Az (m)	SD (m)	GDOP
FLOR 001	1.4310	345.1775	765.4228	3571.4360	3668.8110	1.5-2.4
FLOR 002	15.2100	321.0623	794.9241	3679.3413	3777.9012	2.0-4.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Resultados de precisiones 2

ID	PDOP	HDOP	VDOP	TIEMPO INICIO	TIEMPO FINO	DURACION
FLOR 001	1.2-1.8	0.6-0.9	1.0-1.6	10:15:02	13:13:23	02:58:21
FLOR 002	2.0-4.7	1.5-3.4	1.5-3.4	10:42:03	16:04:26	05:22:23

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.6 Equipo para la georreferenciación

Respecto a los instrumentos utilizados (GPS Y ACCESORIOS), estos han cumplido con las especificaciones técnicas de las normas técnicas de geodesia.



Figura 10: Equipos utilizados para las actividades de campo GPS Rover y Receptora Leica Pertenciente a la serie 1200. *Fuente:* Leica Geosystem

4.1.1.7 Especificaciones técnicas Leica GPS ATX1230GG

Ver Anexo 1

4.1.1.8 Ficha de la estación de rastreo permanente LI01

Ver Anexo 2

4.1.1.9 Certificado de operatividad de los GPS

Ver Anexo 3

4.1.1.10 Ficha monográfica FLOR-001

Ver Anexo 4

4.1.1.11 Ficha monográfica FLOR-002

Ver Anexo 5

4.1.1.12 Reporte FLOR-001

Ver Anexo 6

4.1.1.13 Reporte FLOR-002

Ver Anexo 7

4.1.1.14 Reporte fotográfico



Figura 11: Construcción de monumentos. Fuente: Elaboración propia



Figura 12: Medición de monumento FLO-001. Fuente: Elaboración propia



Figura 13: Medición de monumento FLO-002. Fuente: Elaboración propia



Figura 14: Lectura de altura de equipo. *Fuente:* Elaboración propia



Figura 15: Equipo en medición continua a la ERP. *Fuente:* Elaboración propia

4.1.2. Topografía

4.1.2.1 Procedimiento de trabajo en campo

Ubicación y monumentación para la ejecución de la Nivelación.

- Reconocimiento de los BMs M-G12.
- Ejecución de los trabajos mediante, nivelación compuesta, de ida y vuelta a lo largo de una longitud de 1005.527 m.
- Revisión de los incrementos en campo de los BMs
- Realización del Cálculo de la Nivelación
- Redacción de informe.

4.1.2.2 Monumentación de BM's

Para los puntos de BMs, se utilizó los monumentos ya construidos para la georreferenciación del proyecto con fierro de $\varnothing \frac{1}{2}$ " para que perduren en el tiempo. Estos puntos han sido en total (02) BM FLOR-001Y BM FLOR-002.



Figura 16: Ubicación de BM y recorrido de nivelación a Bm's FLOR-001 y FLOR-002. Fuente: Elaboración propia

4.1.2.3 Requisitos a considerar para la nivelación

Para la realización de los trabajos de nivelación, los requisitos que se cumplieron para las actividades de nivelación fueron los siguientes:

Como punto de partida se utilizó BM G12 perteneciente a la Red de Nivelación Nacional del IGN.

Las nivelaciones no deben exceder de una distancia entre nivel y mira de 50 metros.

Las mediciones sobre las miras telescópicas utilizada no excedieron en ningún caso a los 2 metros, utilizándose como máximo dos tramos de estas, para así conseguir mayor precisión en el caso de conseguir la verticalidad de estas y medir con el nivel electrónico sobre ellas.

Fueron utilizadas las placas base de apoyo para mira, con apoyo semiesférico, para así uniformar y dar estabilidad a la mira, la brigada de nivelación utilizó el mismo criterio durante todo el recorrido.

El recorrido de nivelación entre punto y punto se llevó a cabo sobre la línea de eje imaginaria entre estos dos, la única dificultad presente fue el tránsito vehicular.

4.1.2.4 Metodología utilizada para la nivelación en campo

La metodología empleada en campo para el desarrollo de los trabajos de nivelación, correspondió a una nivelación de tipo compuesta y doble (ida y vuelta), apoyándose en el método del punto medio.

Como fue descrito anteriormente, este método consiste en obtener el desnivel entre dos puntos encadenando el método de nivelación simple de punto medio. Este método consiste en realizar más de una estación para determinar el desnivel entre los dos puntos, si los puntos cuyo desnivel que se quieren encontrar están excesivamente separados entre sí o la diferencia de nivel es mayor que la que puede medirse de una vez, es necesario encontrarlo realizando varias determinaciones sucesivas, es decir, efectuando una nivelación compuesta. El procedimiento de observación es el siguiente:

Sean A y E los puntos de los que interesa encontrar su desnivel.

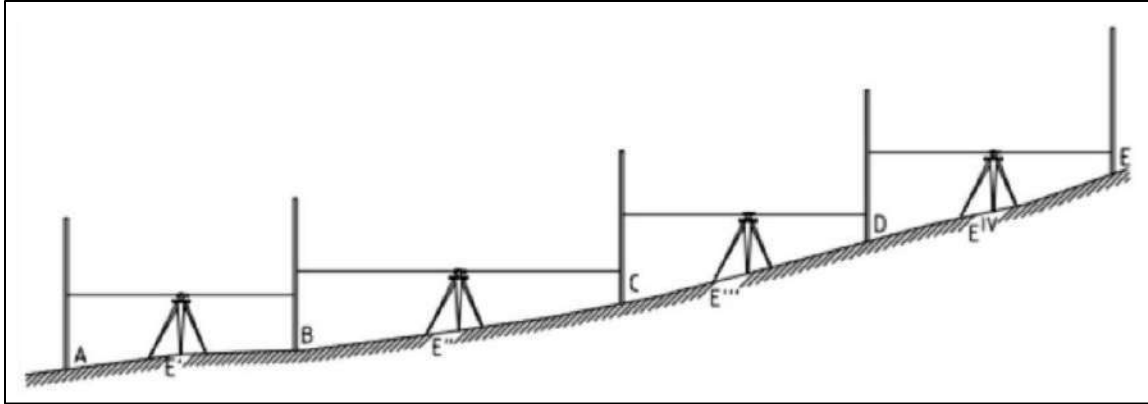


Figura 17: Esquema de Nivelación Compuesta por el Punto Medio. Fuente: Elaboración propia

Situamos la mira en el punto de salida A y la segunda mira en B, a una distancia que permita aplicar el método del punto medio, se efectúan las lecturas de frente y de espalda. El desnivel viene dado por:

$$\Delta H_{AB} = LE - LF$$

A continuación, la mira en B se gira, sin moverla de su emplazamiento queda mirando hacia C, donde se instala la mira que estaba en A.

El instrumento se sitúa equidistante a B y C y se efectúan las lecturas.

$$\Delta H_{BC} = LE - LF$$

De modo análogo hasta llegar a la estación E^{IV} que permite obtener el desnivel ΔH_{DE} .

Evidentemente, el desnivel entre A y E se obtendrá sumando los desniveles parciales:

$$\Delta H_{EA} = \Delta H_{BA} - \Delta H_{CB} + \Delta H_{DC} + \Delta H_{ED}$$

Con esto se concluye que el desnivel de E respecto de A, ΔH_{AE} , es el resultado de restar la suma de todas las miras de espalda a la de todas las de frente.

4.1.2.5 Metodología utilizada para los trabajos de gabinete

En gabinete hay dos etapas que fueron diferenciadas: Control de los datos de campo y Cálculo de altitudes. Procedemos a analizar cada una de estas fases.

• Control de los datos de campo

El primer trabajo de gabinete consistió en realizar el control de los datos de campo, para validarlos y proceder al cálculo de la línea de nivelación correspondiente, para ello se debe considerar dos ítems a controlar:

- Control de los desniveles de los anillos.
- Control de la línea de ida y de vuelta.

En este caso se definen los puntos A y E como aquellos sobre los cuales interesa encontrar el desnivel, y sean B, C y D los extremos de los anillos de la línea.

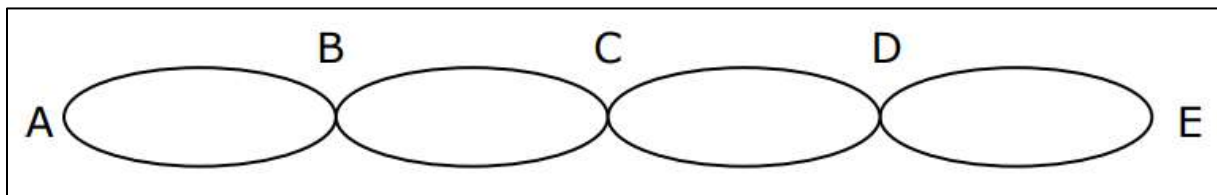


Figura 18: Esquema de Control Desnivel. *Fuente:* Elaboración propia

• *Control de los desniveles de los anillos*

En las líneas dobles, una vez calculados los desniveles en el anillo, se procedió a comprobar si en cada anillo la diferencia entre la ida y la vuelta se encontraba dentro de la tolerancia, siendo esta diferencia el error de cierre altimétrico, y expresado como:

$$ec = \sum m_{ida} - \sum m_{vuelta}$$

Expresándose la tolerancia como: $T = ek\sqrt{k}$

Donde:

- ek = tolerancia del equipo utilizado en la medición
- k = longitud de la línea a nivelar en kilómetros

• *Control de la línea de ida y de vuelta*

Cuando todos estos cierres de los anillos son tolerables, se calcula el desnivel de toda la línea de ida, por un lado, y el desnivel de toda la línea de vuelta por otro

4.1.2.6 *Calculo de las altitudes*

En el caso del Levantamiento Topográfico para la Estación Flores y Monumentación de los puntos FLOR-001 y FLOR-002, tratándose de una nivelación geométrica compuesta doble (ida y vuelta), el punto de inicio y fin de cada anillo nivelado es el mismo, sólo se tiene como dato previo la altitud del punto de inicio del anillo; debido a esto no se realiza ningún promedio de desniveles de ida y vuelta, sino que partiendo del punto A se desarrolla toda la línea hasta volver al mismo punto. El procedimiento en gabinete entonces se resume de la siguiente forma:

- Se parte de la altitud conocida del punto de inicio HA.

- Se realiza la corrida de altitud de toda la línea (de A hasta A)
- Se determina el error de cierre en el punto A.
- Se calcula la tolerancia o error máximo permisible ($T=ek*\sqrt{k}$)
- Se define el valor y método de compensación (para este caso, la compensación se realizó de forma proporcional a la distancia entre cada vértice que compone el anillo)
- Se definen las altitudes o cotas compensadas.
- Se determina la altitud o cota final, siendo esta el promedio de las cotas compensadas de ida y de vuelta.

• Descripción de los anillos que conforman la nivelación

Los trabajos de nivelación se realizaron en un total 02 BMs FLOR-001 Y FLOR-002 siendo el G12 el BMs de Salida; estos puntos fueron enlazados formando 01 anillo de nivelación de este trabajo, donde se describen a continuación:

Anillo 01

Vértice Inicial: BM G12

Vértices intermedios: Bm FLOR-001

Vértice Final: Bm FLOR-002

Longitud Total (m): 1005.527

Tabla 10

Resultados de precisiones

PUNTO	LONGITUD
G12	
FLOR-001	828.440
FLOR-002	117.087
LONGITUD TOTAL	1005.527

Fuente: Elaboración propia

• Comprobación de los anillos

Culminadas las actividades de nivelación, se procedió a realizar la comprobación de los puntos que conforman la red principal y a la red de apoyo, dando como resultado valores milimétricamente similares a los obtenidos en la nivelación.

La metodología utilizada para la comprobar la nivelación ha sido la utilizada inicialmente; la diferencia radica en manejarse a través de líneas de nivelación con distancias y puntos de intercambio totalmente diferente a los trazados inicialmente, ya que la comprobación se basa en calcular y obtener las mismas elevaciones que se obtuvieron por los trazados iniciales.

Todo el personal que ha trabajado para el desarrollo de las actividades, tanto de campo como de gabinete, cuenta con una amplia experiencia en el área de la geodesia, la topografía y las actividades vinculadas a estas áreas. Este personal se describe a continuación:

4.1.2.7 Equipos utilizados y software utilizados

Respecto a los instrumentos utilizados (bastones, nivel SPRINTER 250 LEICA, miras graduadas y accesorias), estos han cumplido con las especificaciones técnicas de la N.T.G. para levantamiento Geodésicos Verticales del IGN.



Figura 19: Nivel Digital Leica SPRINTER. Fuente: Elaboración propia

4.1.2.8 Tabla de resultado de la nivelación geométrica

Tabla 11

Tabla de resultados

PUNTO	ELEVACIÓN FINAL
G12	72.7894
FLOR-001	78.8509
FLOR-002	78.7274

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.9 Planilla de nivelación

Ver Anexo 18

Tabla 12

Resumen de nivelación Anillo 01

PUNTO	ELEVACIÓN IDA	ERROR DE CIERRE	ELEVACIÓN COMPENSADA	ELEVACIÓN VUELTA	ERROR DE CIEERE
G12	72.7894	0.0000	72.7894	72.7914	-0.0020
FLOR-001	78.8518	0.0008	78.8510	78.8519	-0.0010
FLOR-002	78.7284	0.0010	78.7274	78.7284	-0.0011
PUNTO	ELEVACIÓN COMPENSADA	ELEVACIÓN FINAL	DESNIVEL (m)	DISTANCIA (m)	
G12	72.7894	72.7894	0.0000		
FLOR-001	78.8509	78.8509	-6.0615	828.4400	
FLOR-002	78.7273	78.7274	0.1236	117.0870	

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.10 Croquis



Figura 20. Croquis de ubicación anillo 1. Fuente: Elaboración propia - Google Earth

4.1.2.11 Ficha del IGN BM G12

Ver Anexo 9

4.1.2.12 Certificado de calibración

Ver Anexo 10

4.1.2.13 Comprobación BM G12

Debido a la diferencia que arroja la medición con Técnicas GNSS y la Nivelación Geométrica se procedió a realizar la comprobación del BM-G12 para de esta forma corroborar la

cota del mencionado BM se estaciono un GPS en el punto “CL-02” ubicado entre la Av. Guardia Civil y Av. Del Parque Norte, en el Distrito de San Borja, Departamento de Lima; Ver Anexo 11.

Dicho Punto sirvió de base, y consecutivamente (solo con minutos de diferencia) se estaciono un segundo GPS en el punto BM “G12, como se visualiza a continuación:

Tomando lecturas consecutivas por más de hora y media para así definir mediante cálculos geodésicos utilizando el software Leica Infinity 2.0 las Coordenadas y cota Ortométrica esto con la intención de comprobar la diferencia que existe entre la cota de la Ficha del IGN correspondiente al BM G12 y la arrojada por la medición con técnicas GNSS.

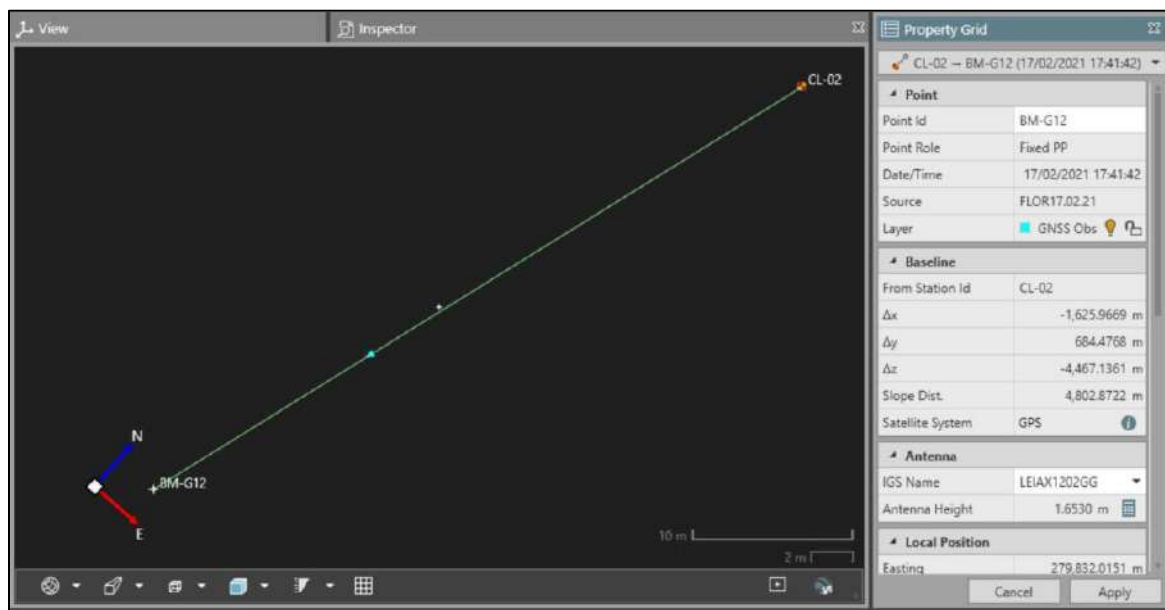


Figura 21. Línea base en post-proceso. Fuente: Elaboración propia

De esta manera se determinó que la medición con Técnicas GNSS arrojó una diferencia de -0.2122m con respecto a la cota reflejada en la ficha del BM-G12 del IGN, esta comprobación nos permitió analizar las diferencia entre las mediciones como se representa en la siguiente tabla.

Tabla 13

Tablas de valores de comprobación

PUNTO	ALTURA ORT. NIVELACIÓN GEOMETRICA DESDE BM-G12	ALTURA ORT. TÉCNICAS GNSS	DIFERENCIA
FLOR-001	78.8513	79.0827	-0.2314
FLOR-002	78.7279	78.9646	-0.2367
PUNTO	COTA FICHA BM-G12	COTA CALCULADA TÉCNICA GNSS	DIFERENCIA
BM-G12	72.7894	73.0016	-0.2122

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.14 Reporte de cálculo geodésico con base CL-02

Ver Anexo 12

4.1.2.15 Reporte fotográfico



Figura 22: Línea base en post-proceso. *Fuente:* Elaboración propia

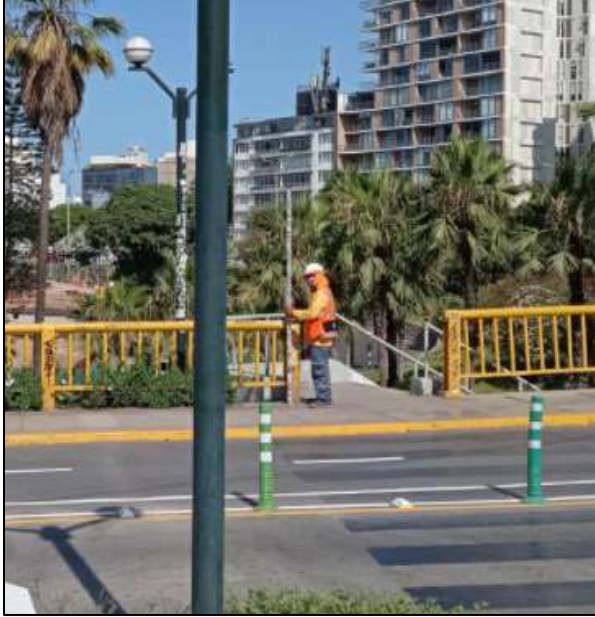


Figura 23: Inicio de nivelación. Fuente: Elaboración propia



Figura 24: Punto de cambio. Fuente: Elaboración propia



Figura 25: Llegada al BM-FLOR001. Fuente: Elaboración propia



Figura 26: Llegada al BM-FLOR001. Fuente: Elaboración propia



Figura 27. Llegada al BM-FLOR002. Fuente: Elaboración propia



Figura 28: Llegada al BM-FLOR002. Fuente: Elaboración propia



Figura 29: Posicionamiento sobre base CL-02. *Fuente:* Elaboración propia



Figura 30: Posicionamiento sobre BM-G12. *Fuente:* Elaboración propia

4.1.3. Fotogrametría

El levantamiento fotogramétrico mediante RPA presenta una serie de pasos necesarios para culminar con la extracción de la topografía del lugar de trabajo, las que se pueden resumir en lo siguientes:

• Puntos de apoyo fotogramétrico

Se posiciona el equipo Estación Total Topográfica, en el Punto Geodésico FLOR-001, orientándose con el Punto Geodésico FLOR-002, los cuales están georreferenciados al sistema WGS84 UTM18S, según Ficha Técnica de la ERP del IGN, anexa junto al reporte de procesamiento en el Informe de geodesia de este proyecto y vinculados al BM LI01 del IGN, según ficha técnica anexa en el Informe de Nivelación Geométrica de este mismo proyecto, para de esta manera comenzar con la identificación de los puntos de apoyo mediante el método de radiación. Apoyado en los Puntos geodésicos ya mencionados. Estos puntos se materializaron en el área con pintura blanca en el suelo y también fueron tomados con el láser del equipo incorporado puntos identificables de las fachadas del edificio colindantes.



Figura 31: Puntos de apoyo. Fuente: Elaboración propia

• Plan de vuelo

Como se mencionó anteriormente, se entiende como Plan de Vuelo las coordenadas planimétricas y altimétricas por las que debe desplazarse el RPA, así como la velocidad del RPA y el tiempo de disparo entre toma y toma fotográfica. Estos datos dependen de los condicionantes que solicite el cliente en el TDR (Términos de Referencia). Un ejemplo de ello puede ser, solicitar un GSD de 5cm y un solape longitudinal de 80% y transversal del 70%.

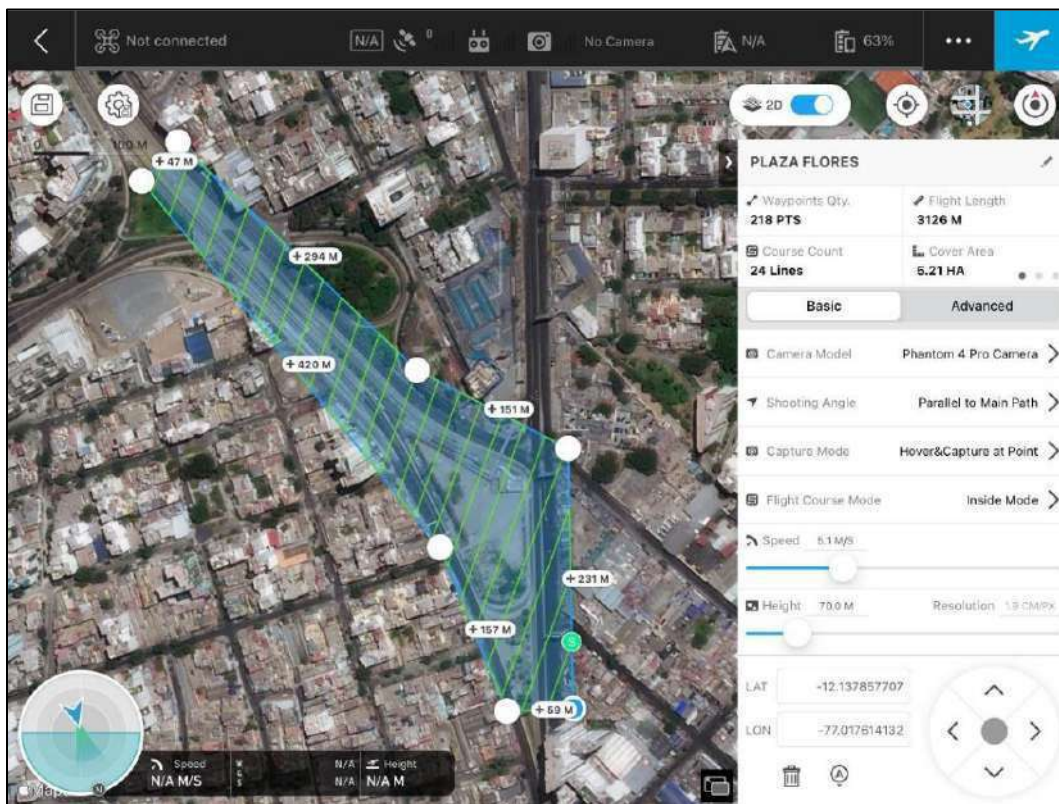


Figura 32: Plan de vuelo aplicado al área. Fuente: Elaboración propia

Ya teniendo el plan de vuelo se verificará el buen funcionamiento del dron requerido en el TDR para este tipo de trabajo, ver anexo 13; despues de volar la zona y recolectar las fotos se procederá a su procesamiento

4.1.4. Procesamiento por Agisoft Metashape Professional

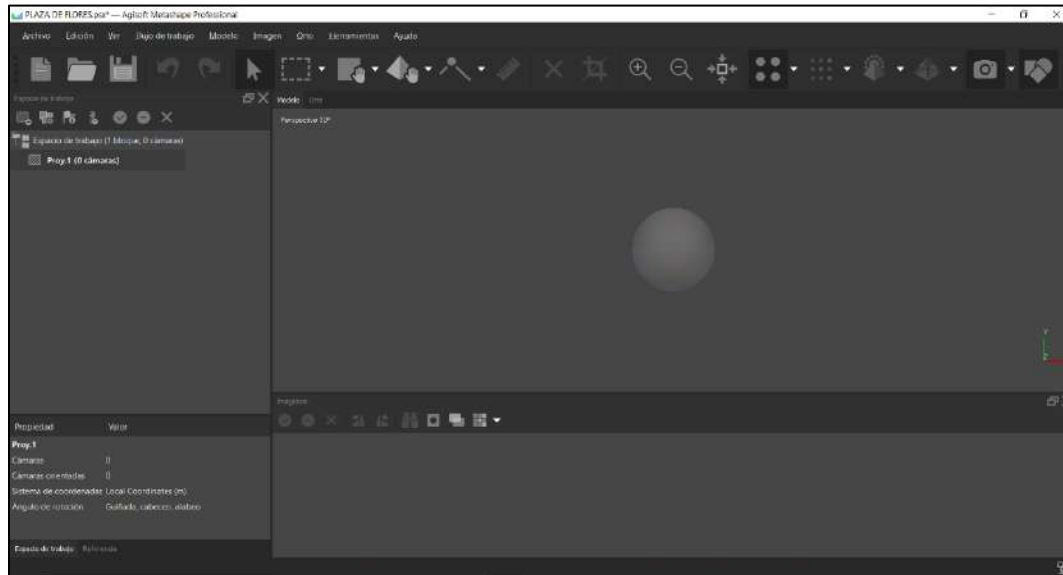


Figura 33. Se guarda el espacio de trabajo antes de comenzar, asigné el nombre de Proy.1 para el procesamiento en Agisoft. Fuente: Elaboración propia

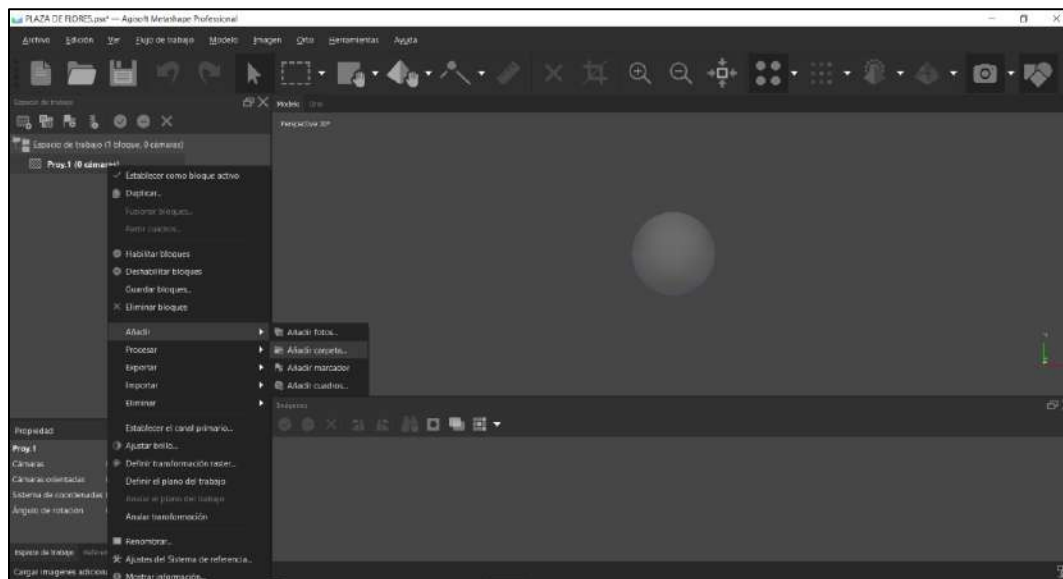


Figura 34. Acto seguido se coloca las 330 aerofotogramas que se obtuvieron en el vuelo de RPA, seleccionamos la carpeta que la contiene en el ordenador. Fuente: Elaboración propia

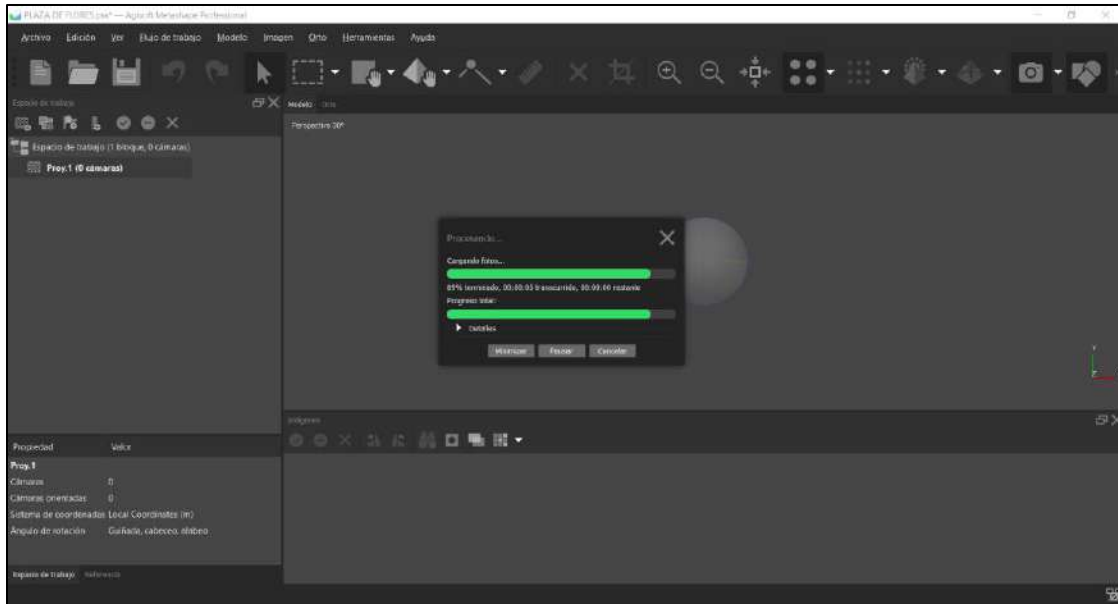


Figura 35: Se espera a que cargue las fotos. Fuente: Elaboración propia

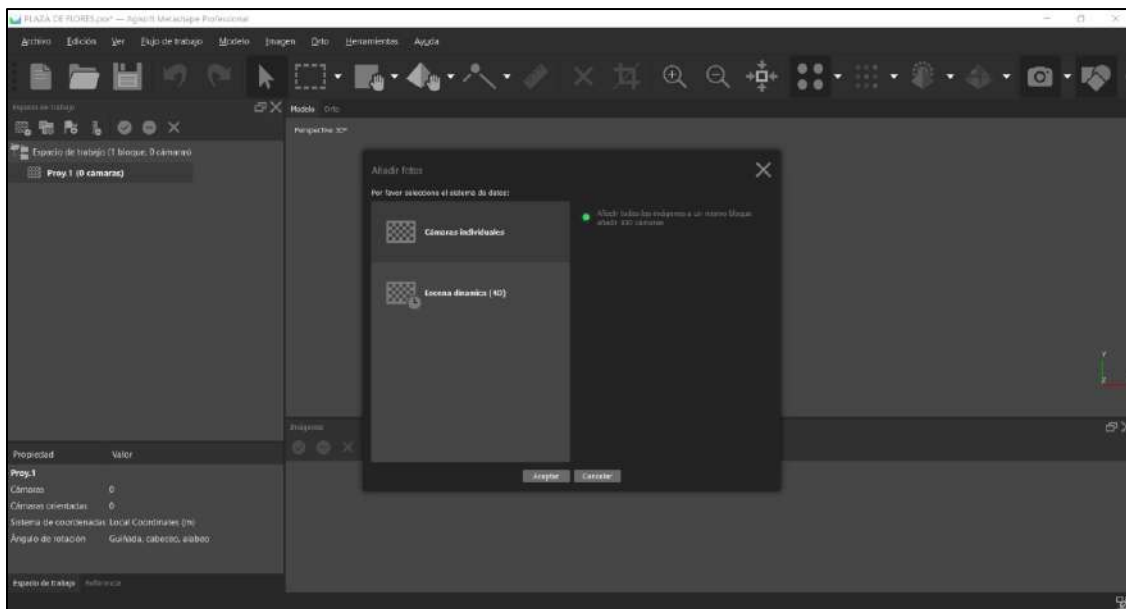


Figura 36: Se elige la opción de cámaras individuales y de esa manera se mostrará un panel con las fotos individuales que tomó el RPA y en la parte superior el ordenamiento de dichas fotos.

Fuente: Elaboración propia

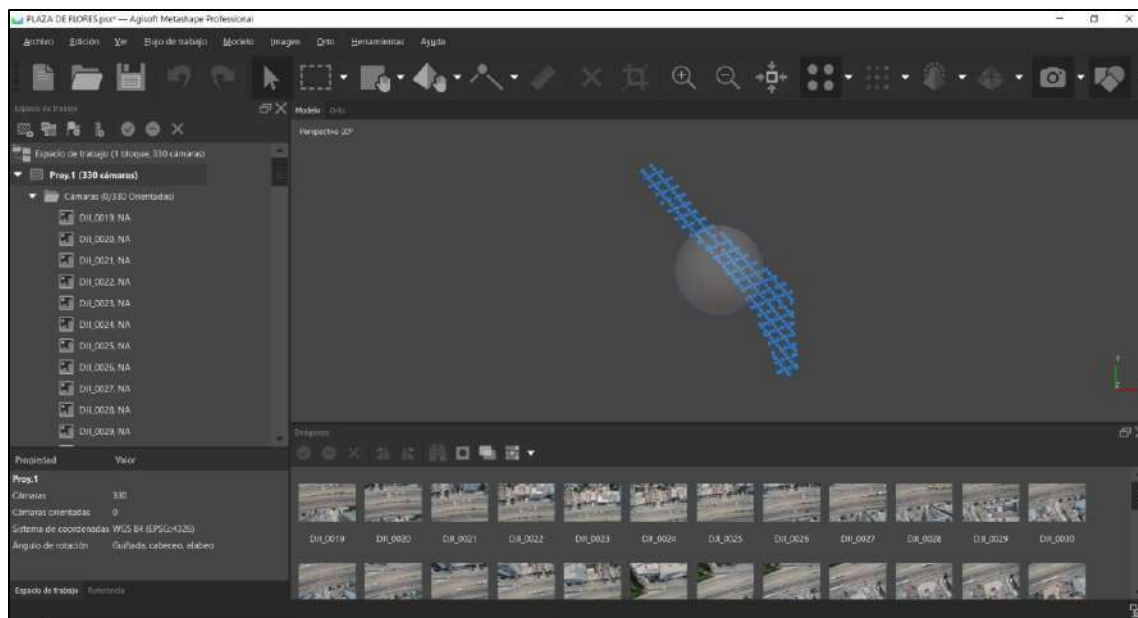


Figura 37: Nos vamos a la pestaña de Referencia de la parte izquierda inferior, se puede observar que las fotos están en coordenadas geográficas. Fuente: Elaboración propia

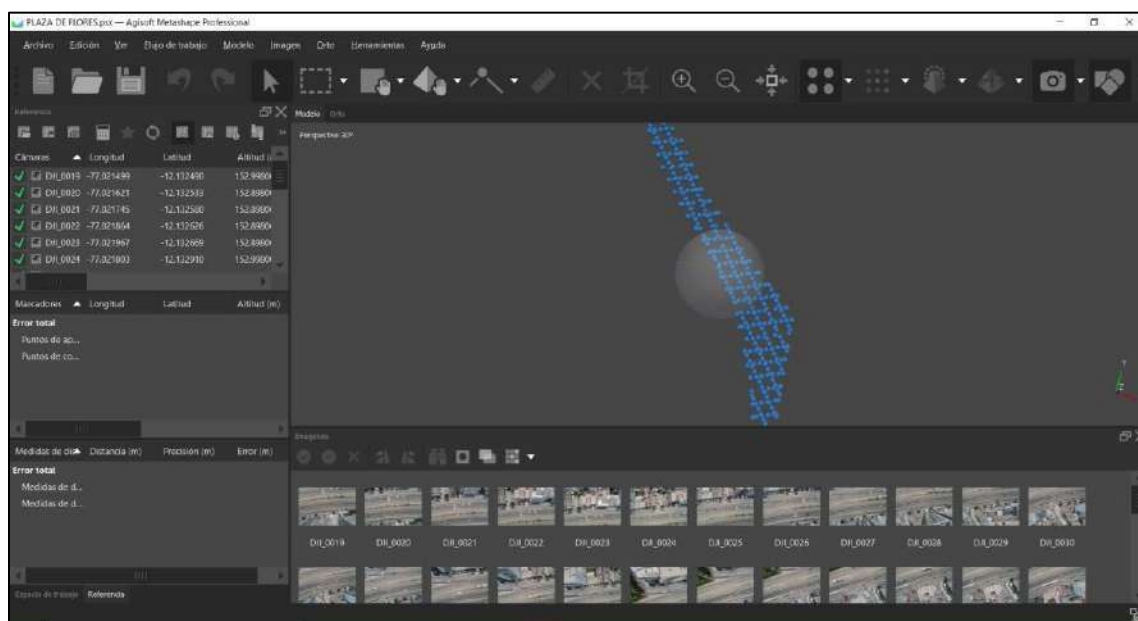


Figura 38: Convertiremos a las coordenadas UTM la cual hemos trabajado, para ello vamos a la opción de convertir coordenadas. Fuente: Elaboración propia

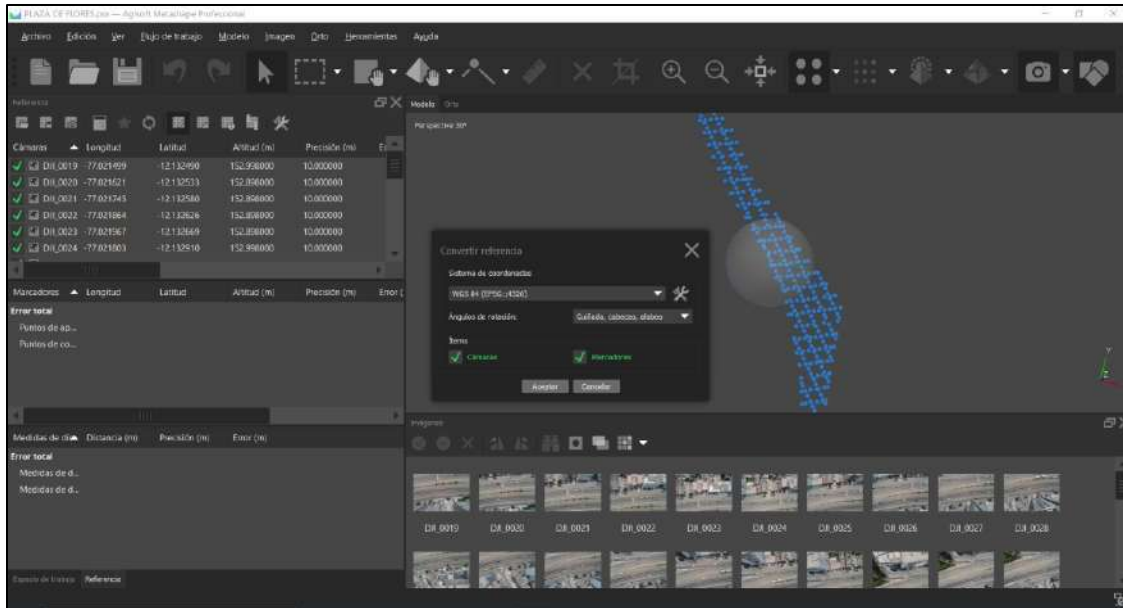


Figura 39. Elegimos la opción de Sistema de coordenadas proyectadas-World Geodetic System 1984-WGS 84 / UTM Zone 18S. Fuente: Elaboración propia.

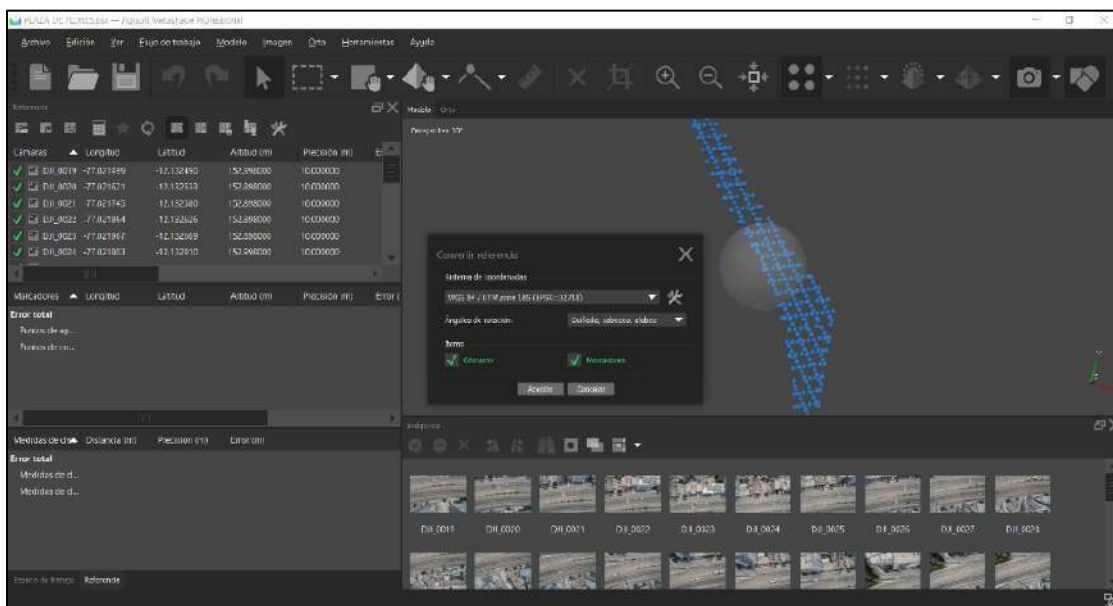


Figura 40. Una vez damos aceptar las coordenadas geográficas pasaron a UTM de la zona de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Flujo de trabajo

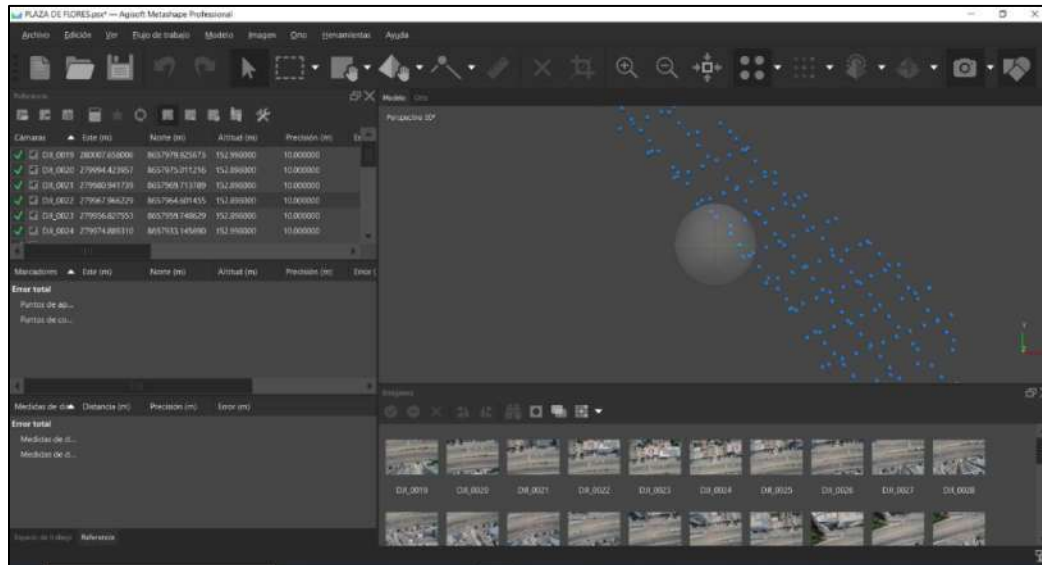


Figura 41. Nuestra primera opción a realizar son la orientación de las fotos, en ello vamos a la pestaña de flujo de trabajo y vamos a dicha acción. Fuente: Elaboración propia.

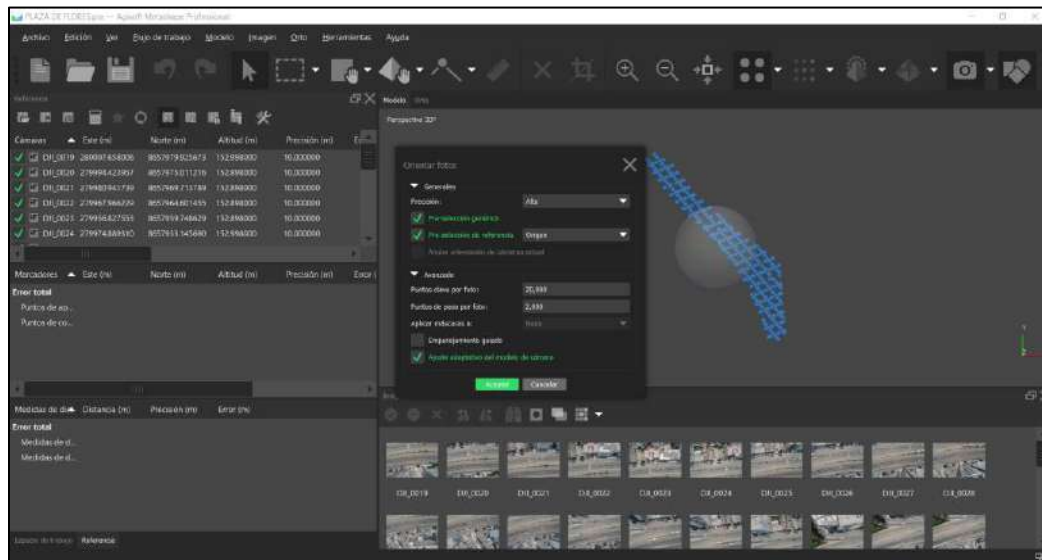


Figura 42: Después de aceptar se estará procesando la orientación de cada foto. Fuente: Elaboración propia.

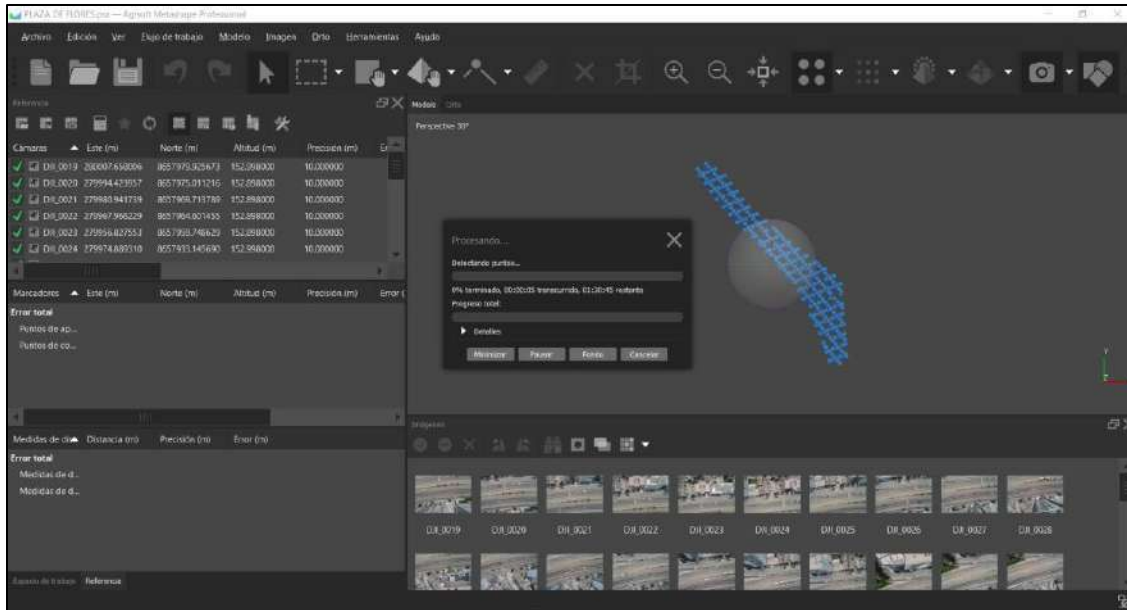


Figura 43: Procesamiento de cada foto aérea representada por círculos azules. Fuente: Elaboración propia.

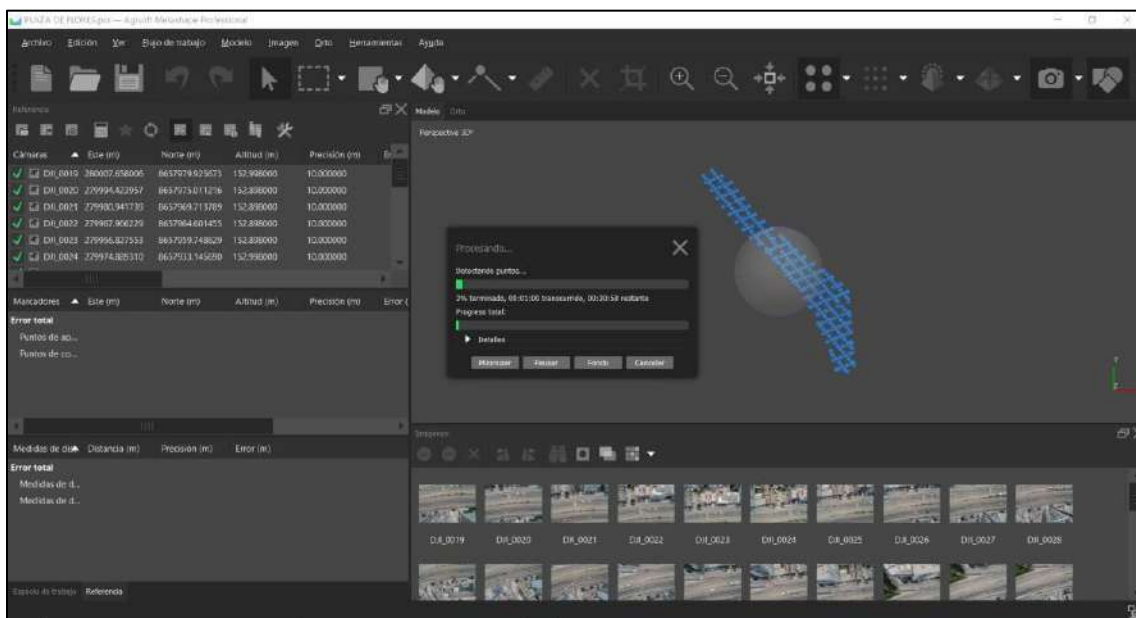


Figura 44: Tiempo de procesamiento de cada foto aérea representada por círculos azules. Fuente: Elaboración propia.

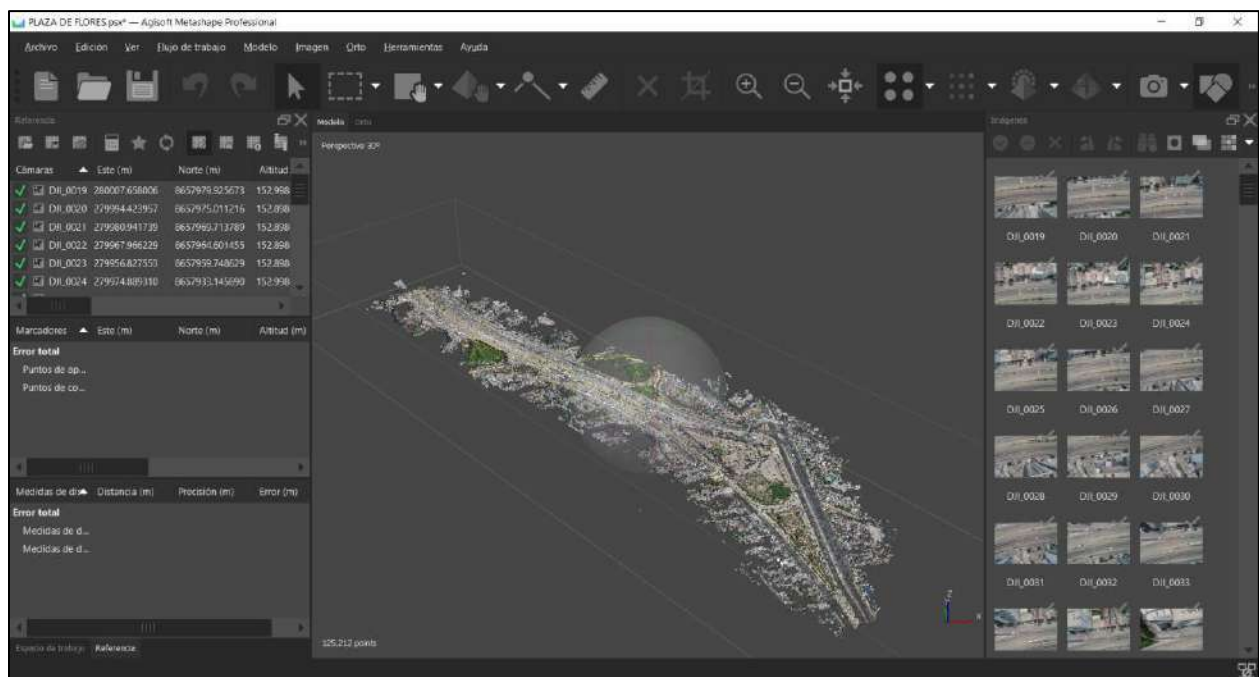
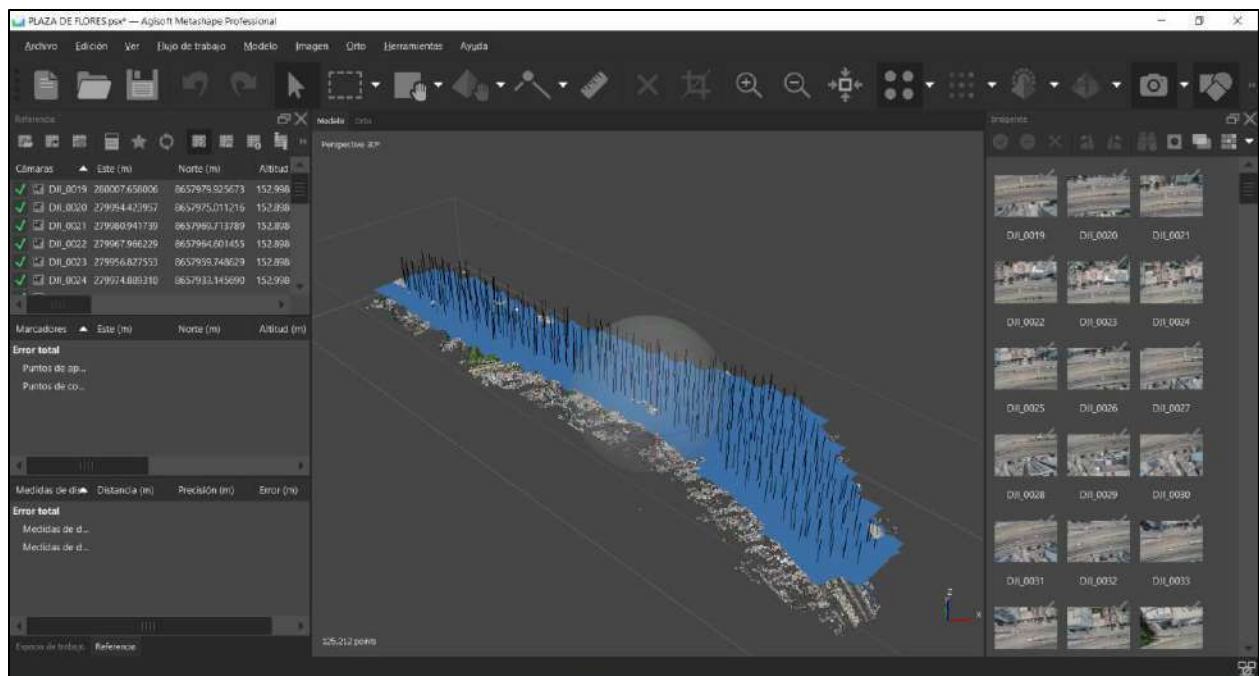


Figura 45 y 46: Una vez procesado se mostrará de manera orientada cada foto aérea representada por cuadros azules superiores, estos a su vez se pueden desactivar para poder visualizar las nubes de puntos obtenidos en el vuelo aéreo. Fuente: Elaboración propia.

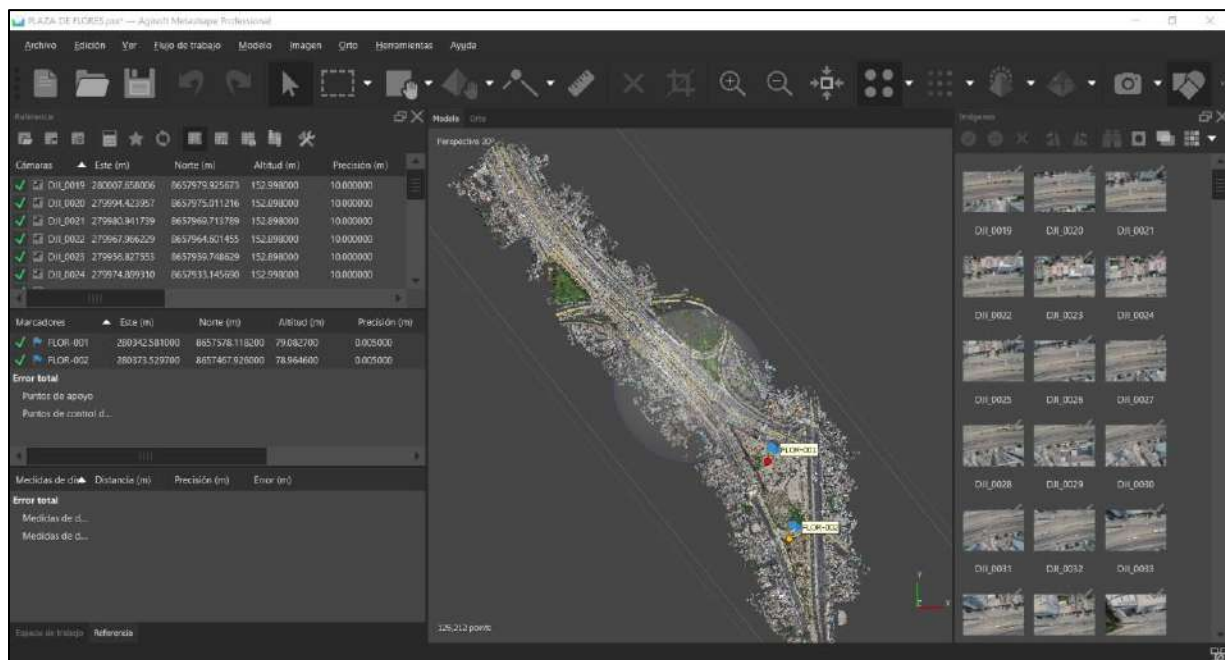
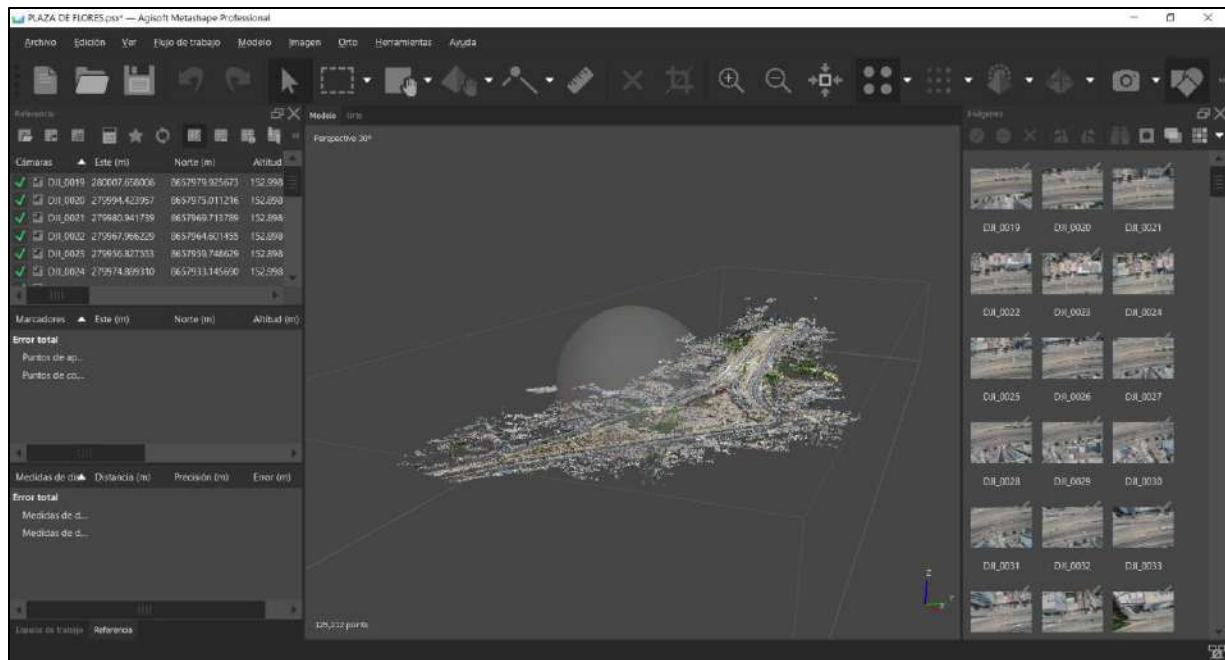


Figura 47 y 48. En el siguiente paso del flujo de trabajo se colocará los puntos obtenidos en GPS diferencial y procesados para que este más precisos en sus coordenadas, actualmente con el trabajo levantado nos da un error de 2.75m. Fuente: Elaboración propia.

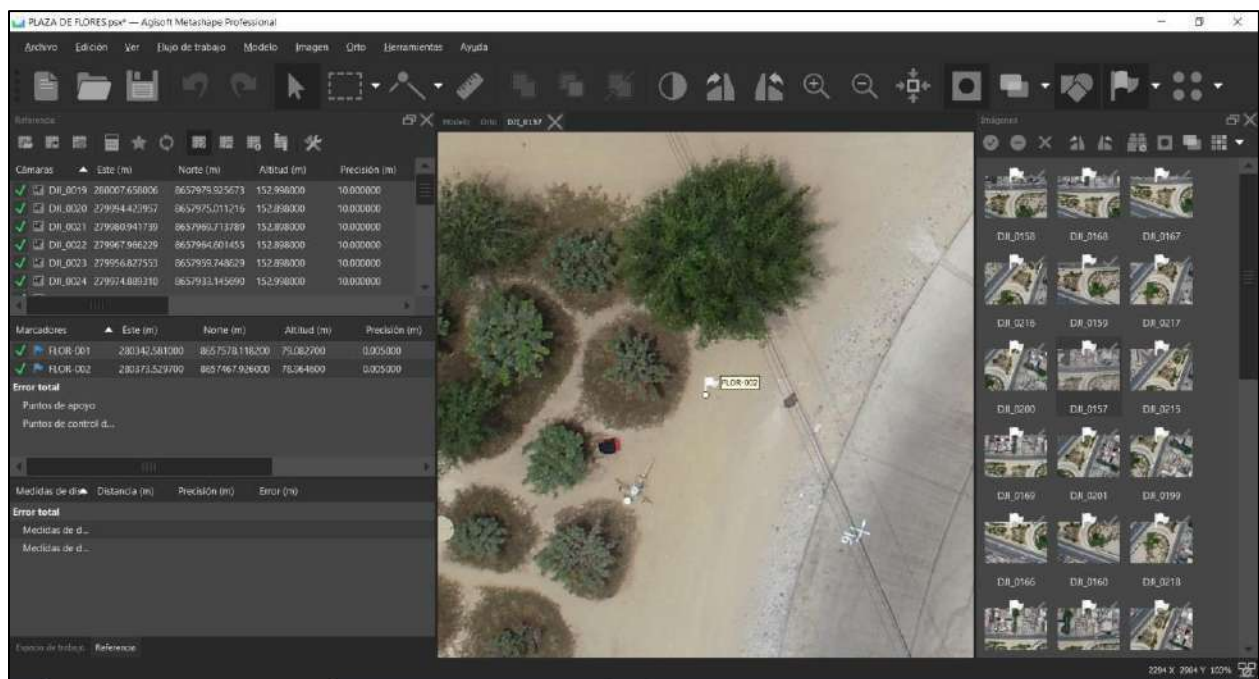
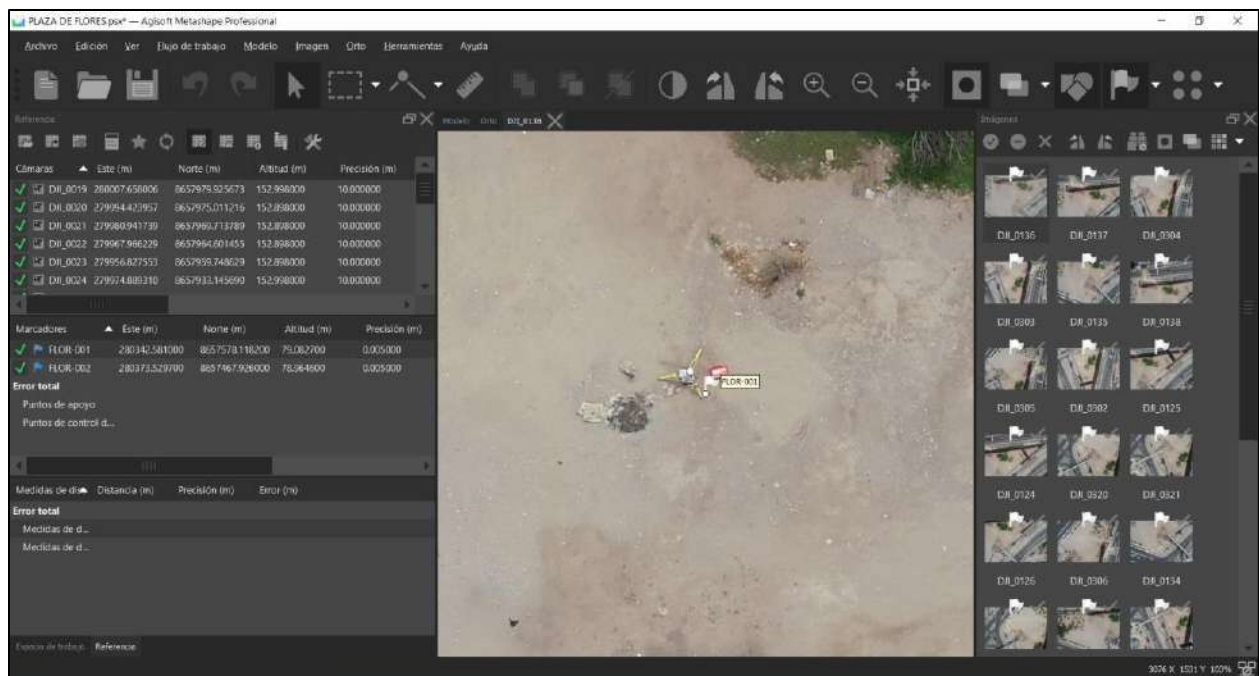


Figura 49 y 50: Se filtrará las fotos por los marcadores que se ha introducido de esa manera se obtendrá la real georreferenciación. Fuente: Elaboración propia.

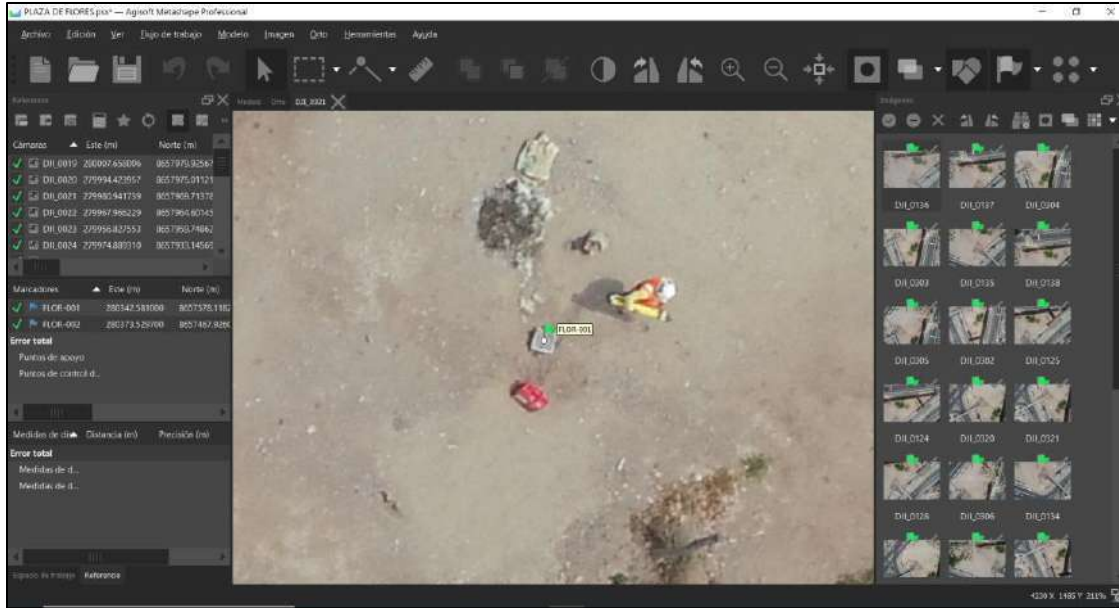


Figura 51: Nos apoyaremos también de puntos de apoyo estos son puntos fijos reconocidos por un número y una “X” en el espacio de trabajo para fácil reconocimiento. Fuente: Elaboración propia.

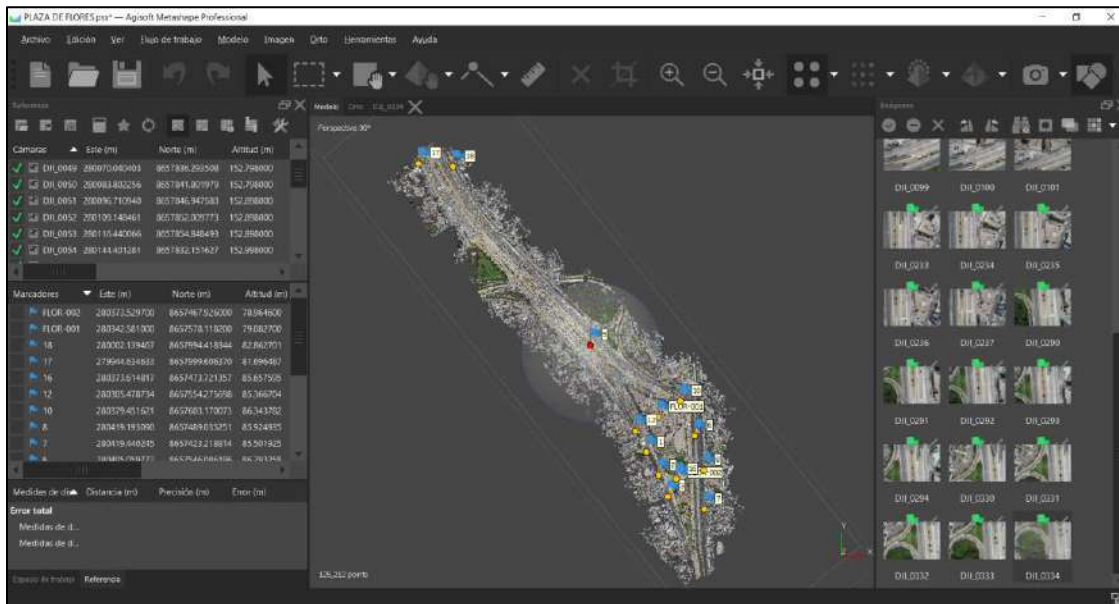


Figura 52: Se ubican los demás puntos de apoyo en todo el vuelo. Fuente: Elaboración propia.

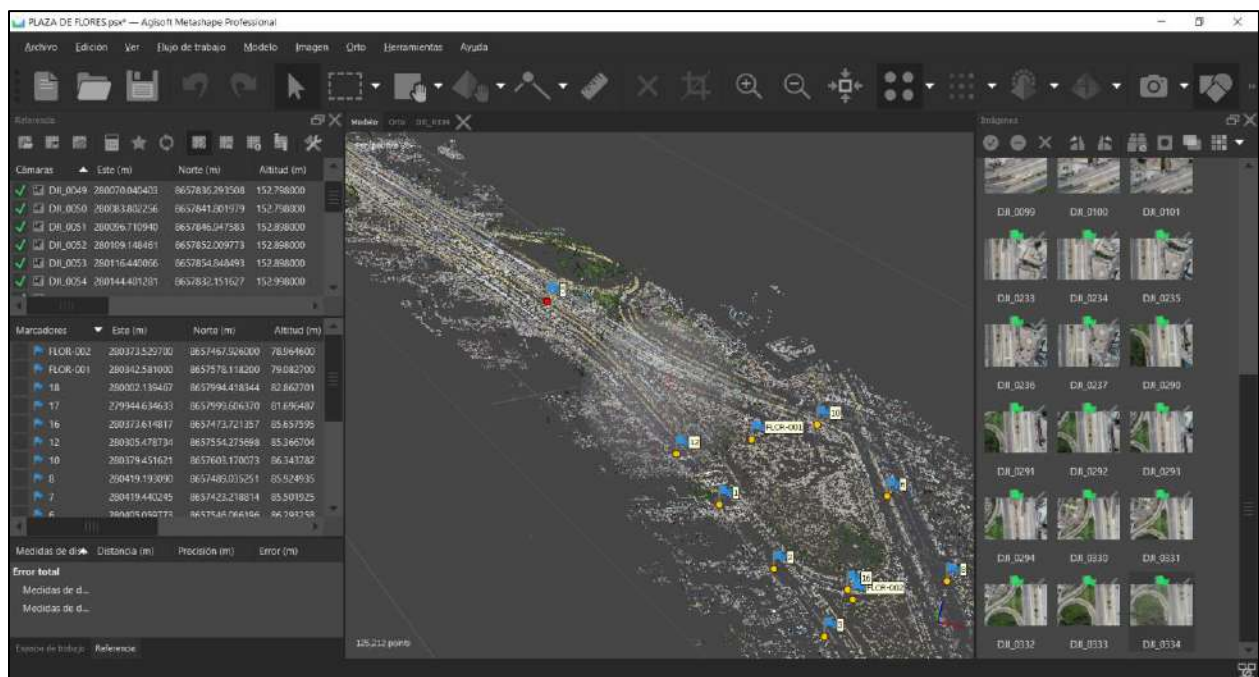
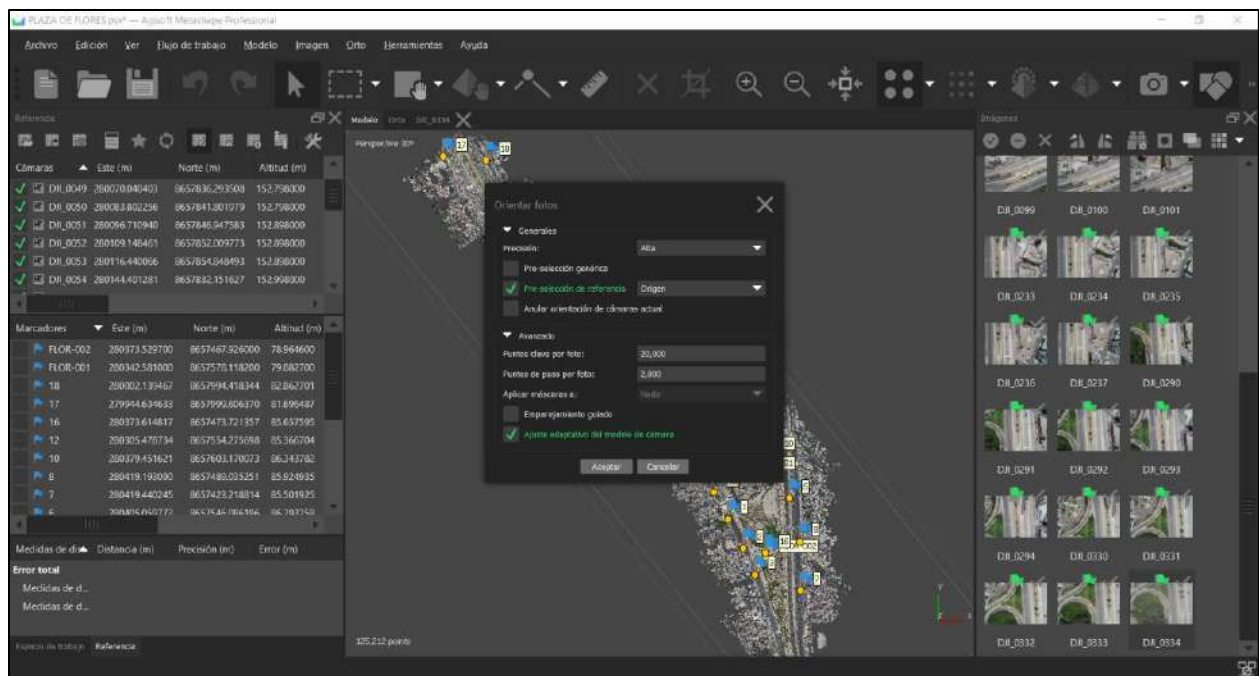


Figura 53 y 54. Se procede a orientar nuevamente las fotos ahora con los puntos de control y apoyo. Fuente: Elaboración propia.

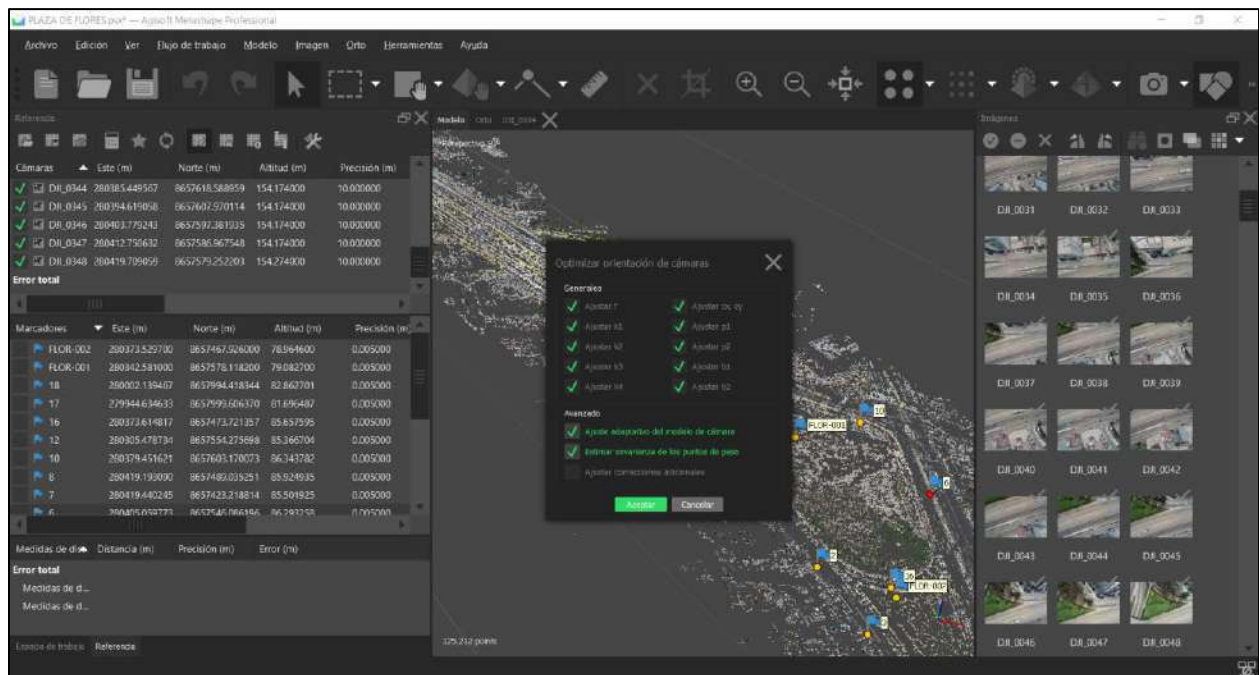
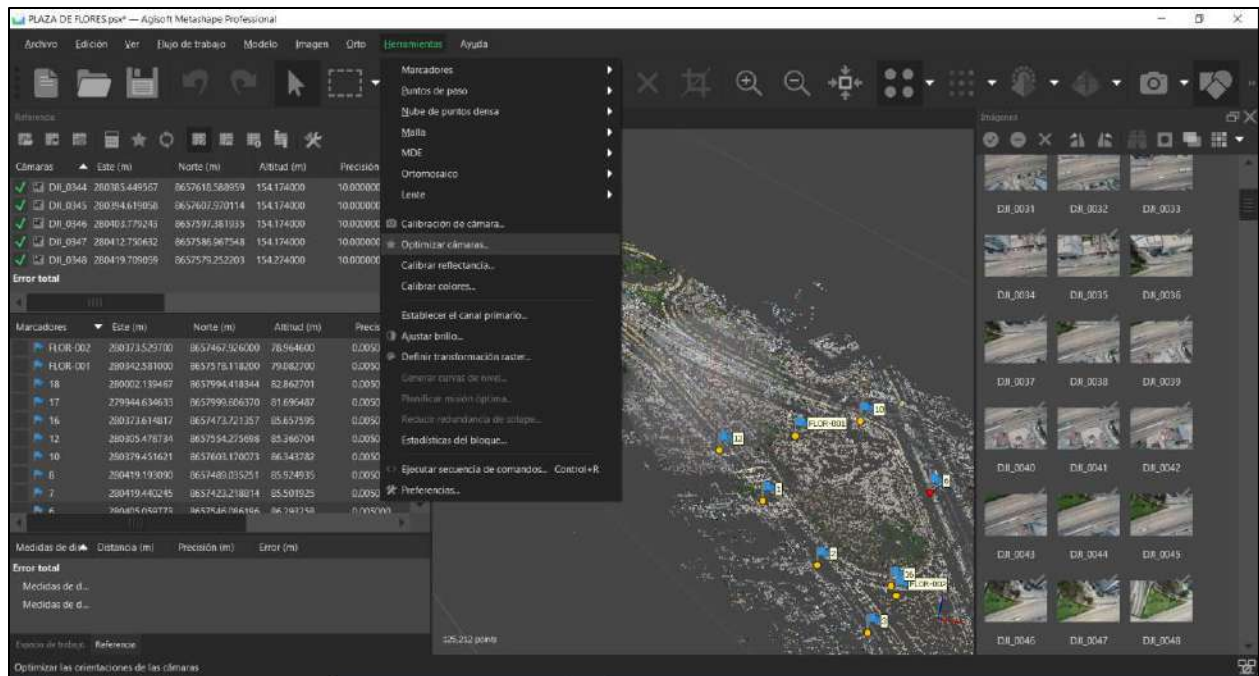


Figura 55 y 56: Optimizamos las cámaras en la pestaña herramientas. Fuente: Elaboración propia.

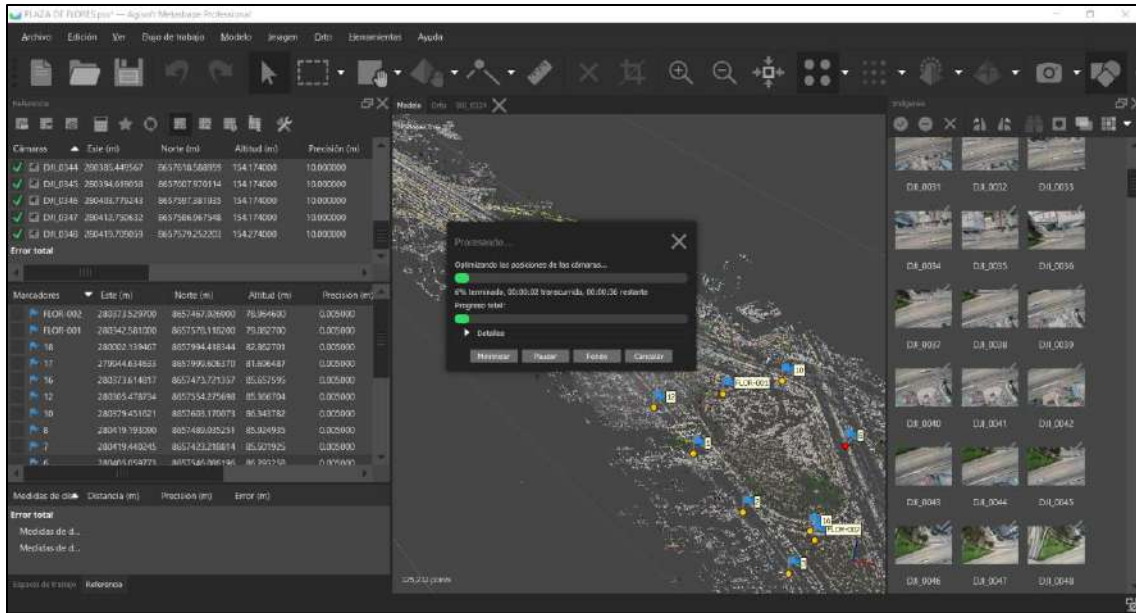


Figura 57: Procesamiento de optimización de las cámaras indicando el tiempo que va a tardar.

Fuente: Elaboración propia.

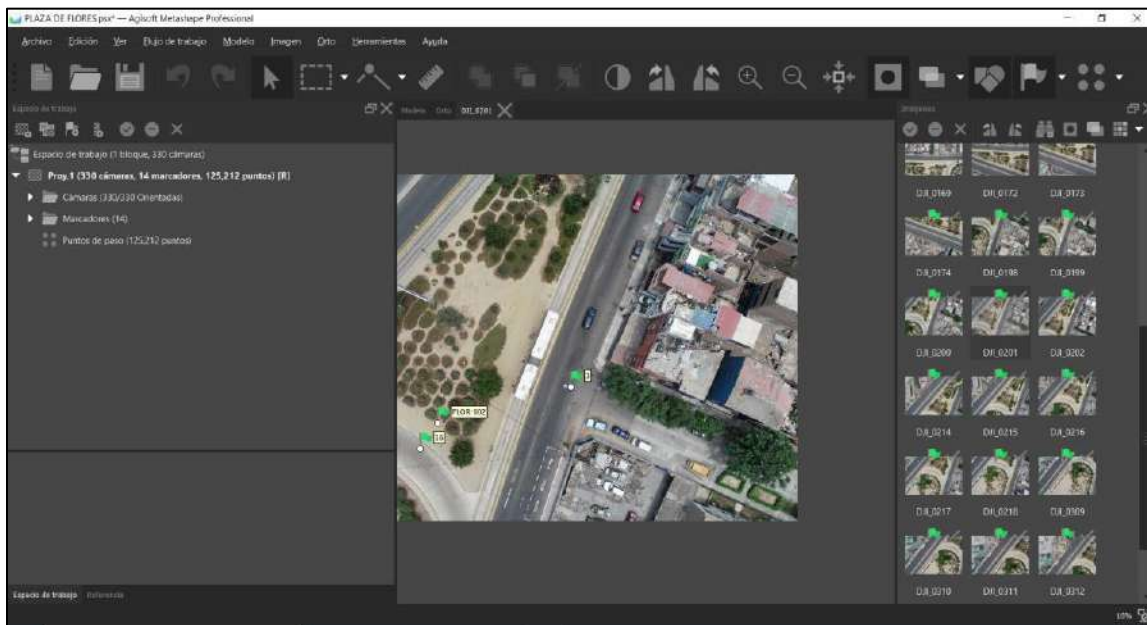


Figura 58: Siguiendo el flujo de trabajo haremos la nube de puntos densa. Fuente: Elaboración propia.

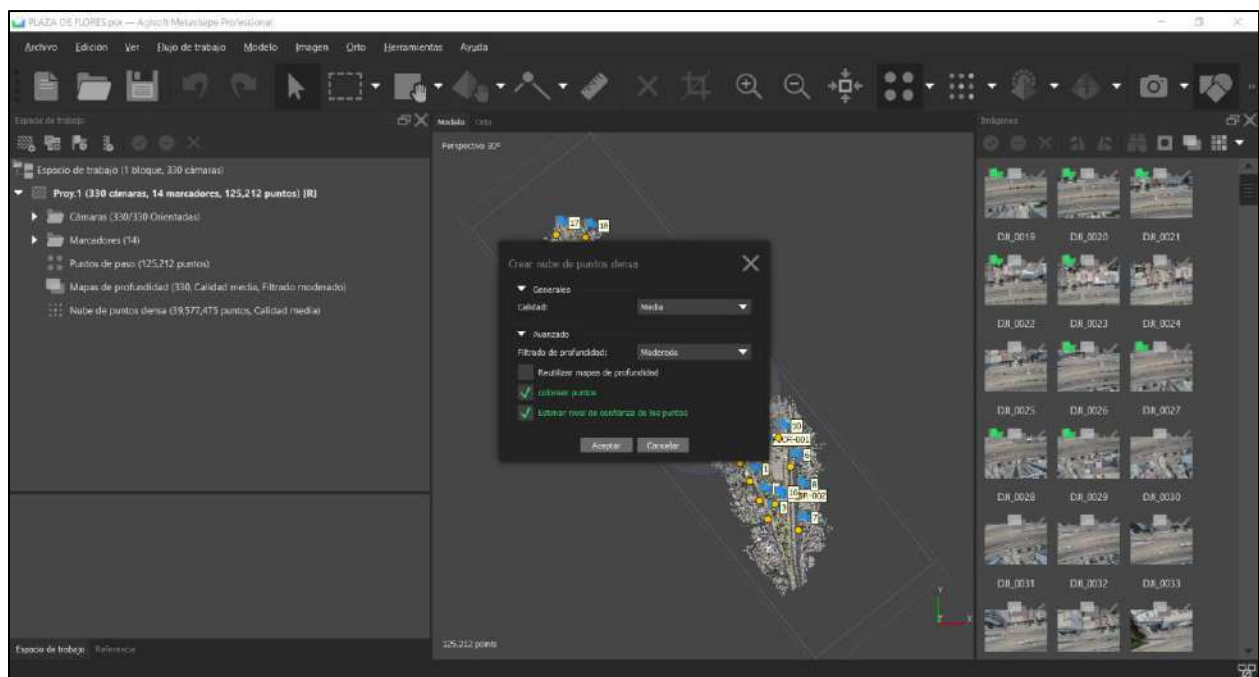
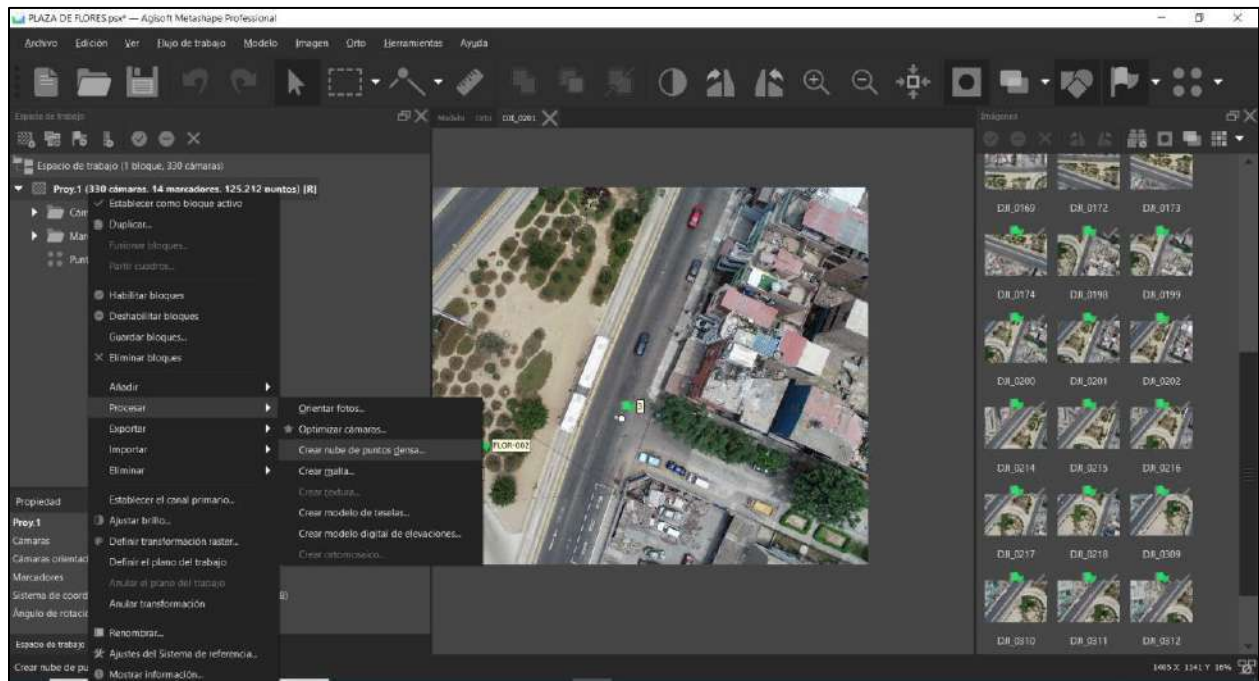


Figura 59 y 60: Creación de la nube de puntos densa. Fuente: Elaboración propia.

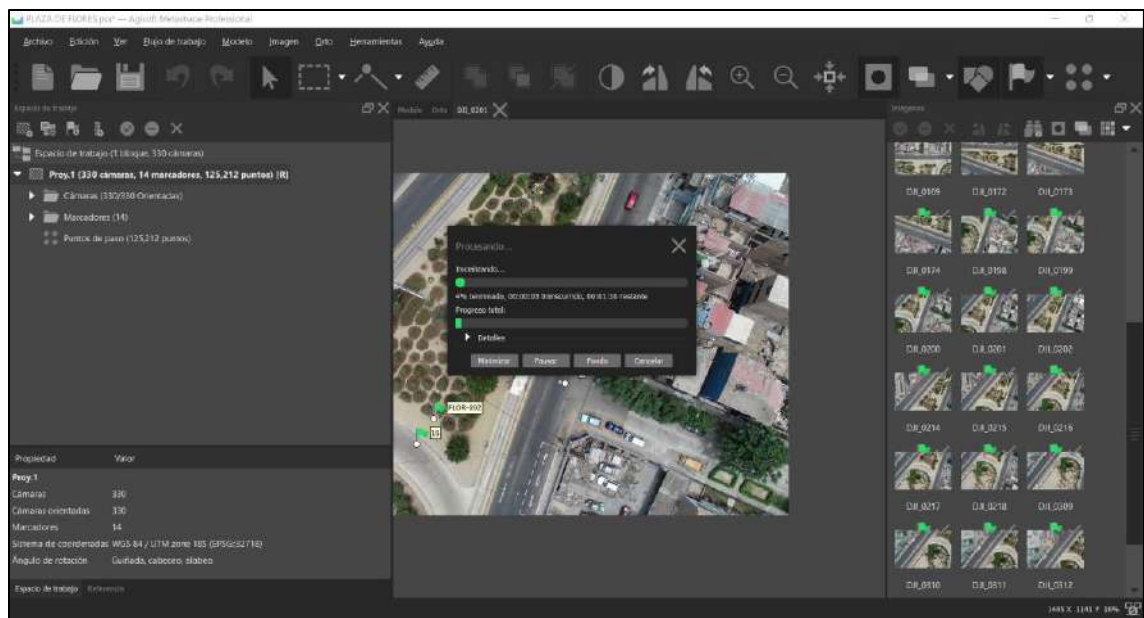


Figura 61. Progreso de procesamiento en tiempo de la nube de puntos densa. Fuente: Elaboración propia.

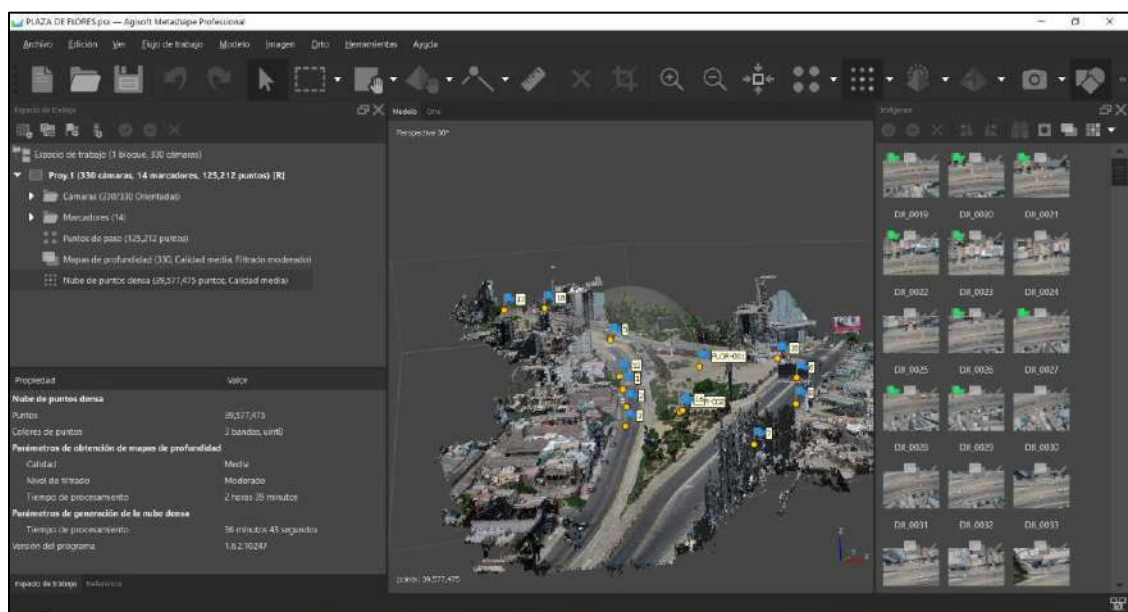


Figura 62. Se muestra la nube de puntos densa terminada de procesar, se tomó en una calidad media y filtrado moderado 2 horas y 39 minutos. Fuente: Elaboración propia.

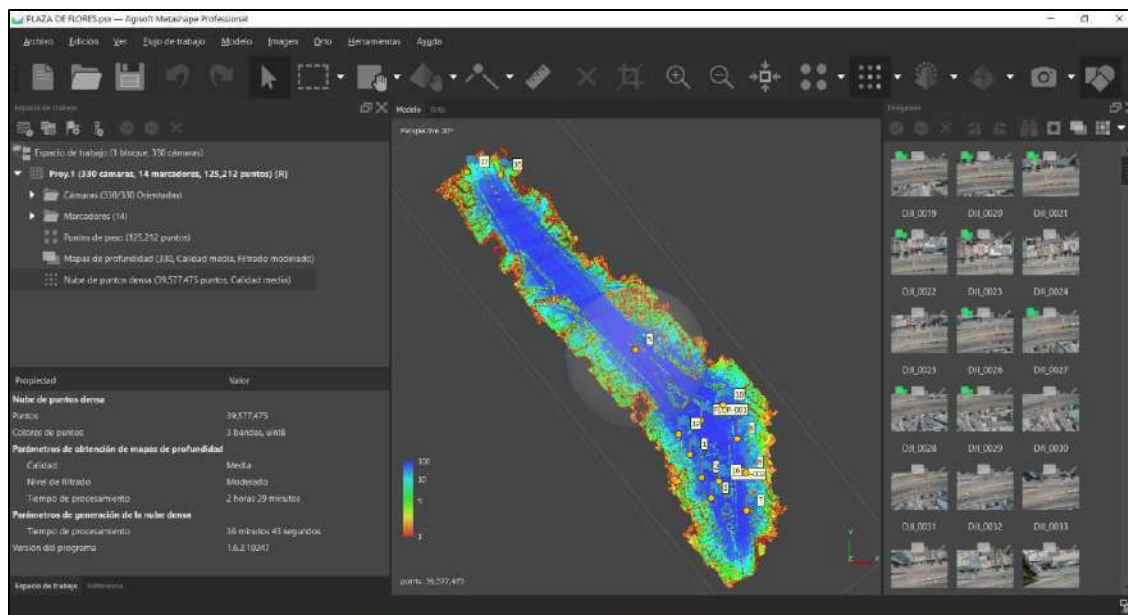


Figura 63: Gracias al nivel de filtrado se muestra el nivel de confianza de los puntos mostrando en un rango de color del 1 (poca confianza) al 10 (mucha confianza). Fuente: Elaboración propia.

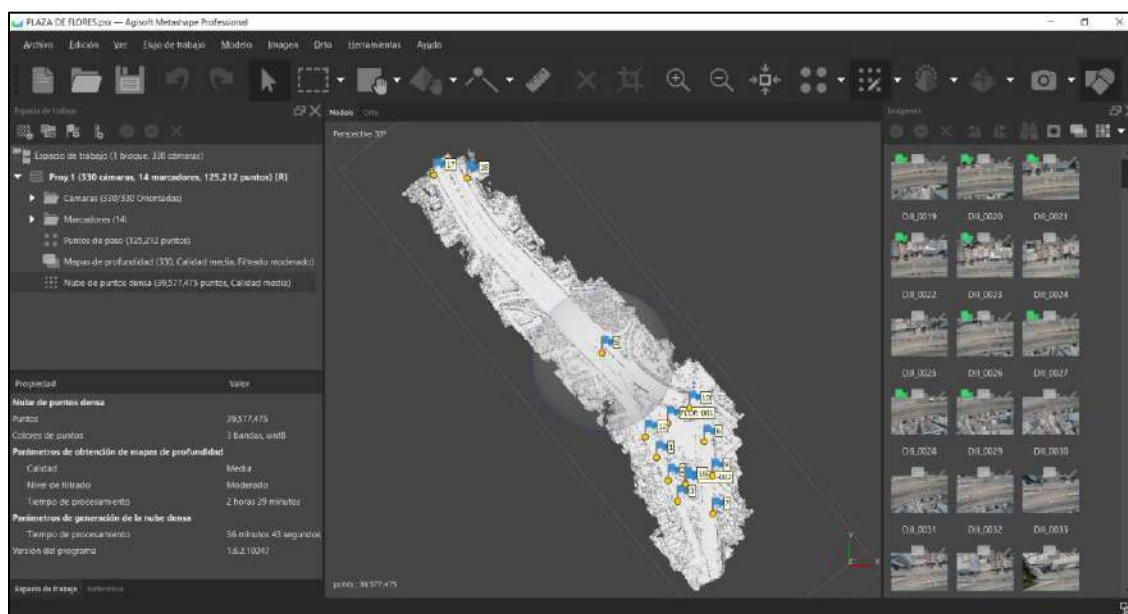


Figura 64: Clase de puntos, no se tiene clasificación de puntos por ello se creará uno. Fuente: Elaboración propia.

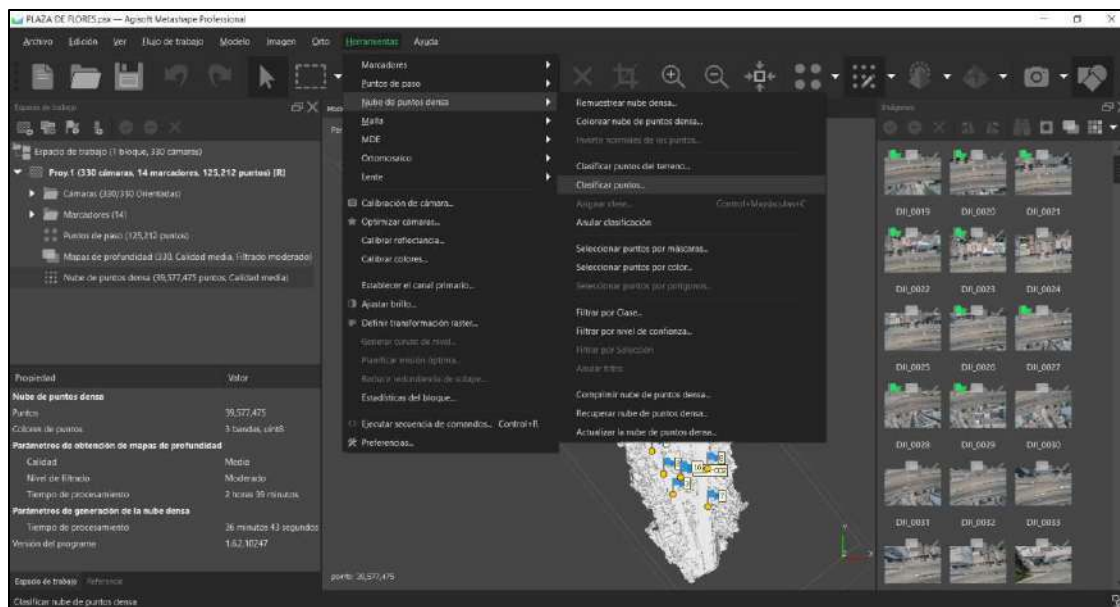


Figura 65: En herramientas la opción nube de puntos densa elegimos la opción clasificar puntos.

Fuente: Elaboración propia.

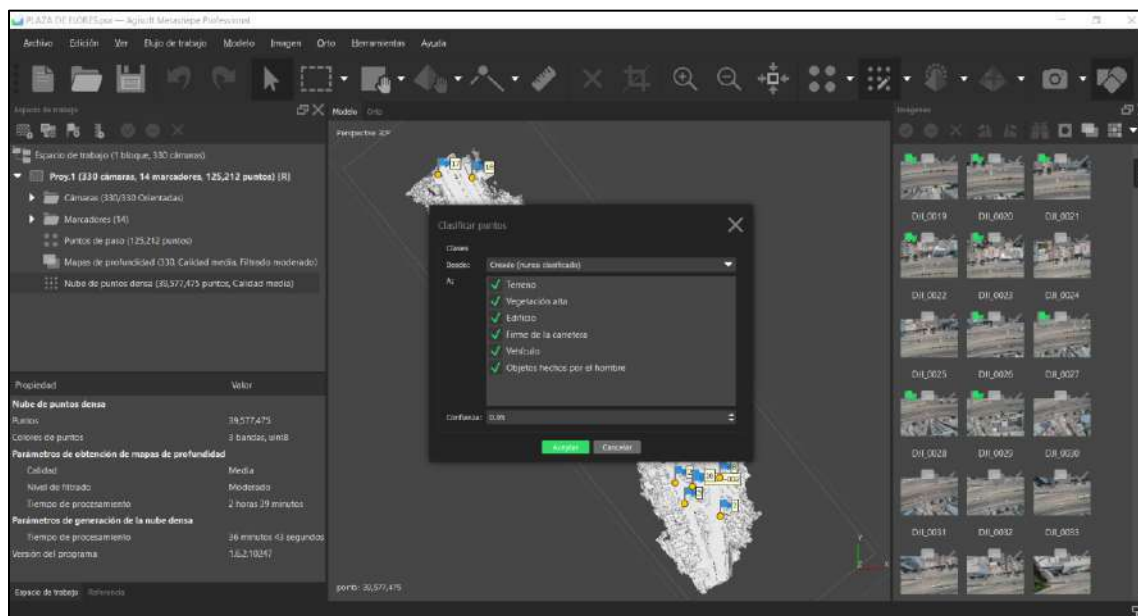


Figura 66. Elegimos todas las opciones de clasificación y aplicamos una confianza de 95%, se digita 0.05 en el recuadro mostrado. Fuente: Elaboración propia.

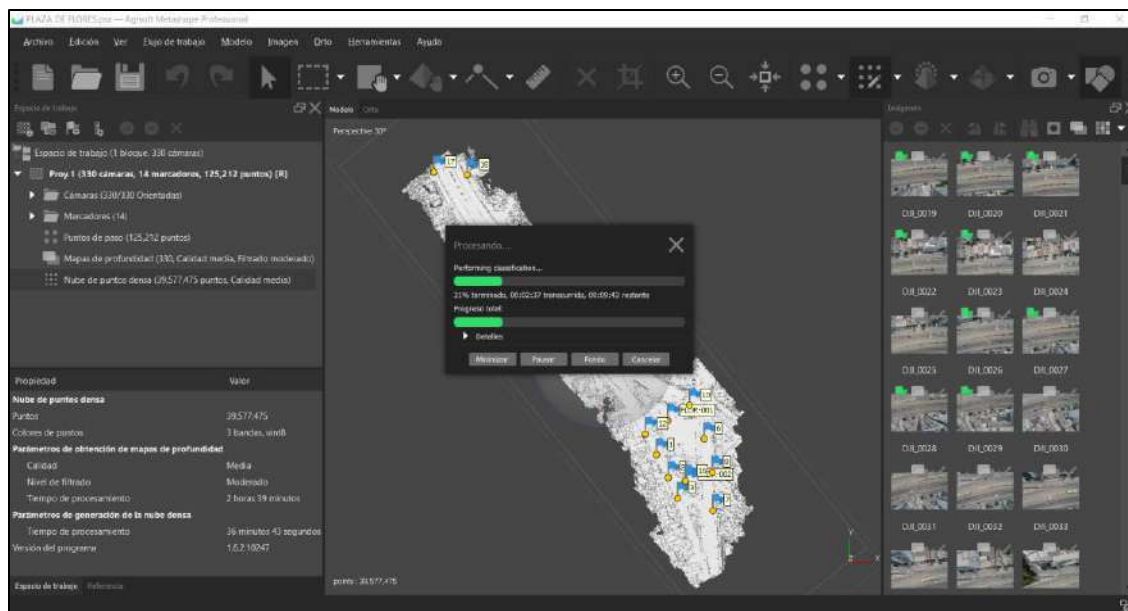


Figura 67: Se generará la clasificación de los puntos, esto nos permitirá tener el terreno para determinar las curvas de nivel y crear el modelo de digital de elevaciones. Fuente: Elaboración propia.

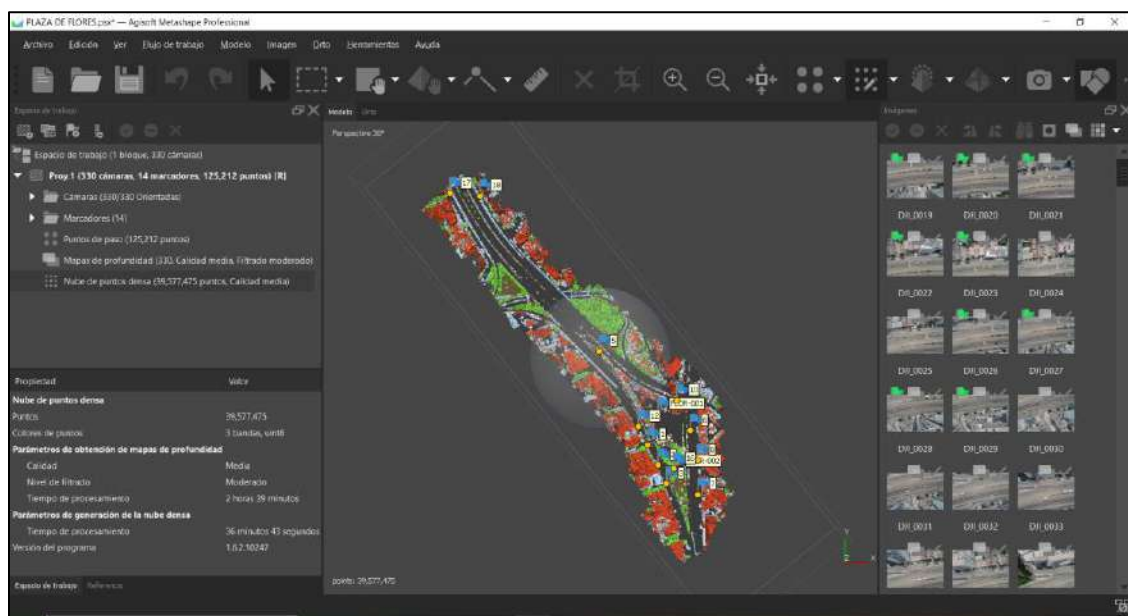


Figura 68: Resultado de la clasificación de los puntos. Fuente: Elaboración propia.

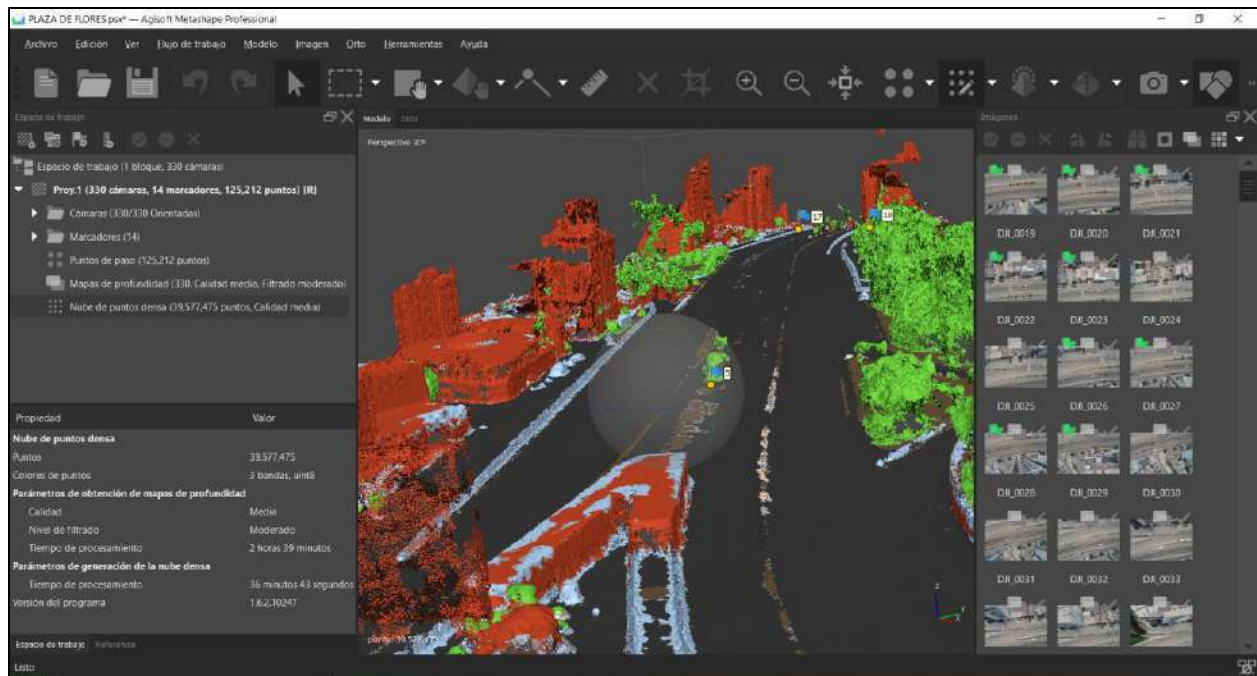


Figura 69: Se muestra la clasificación en áreas verdes, edificios, vehículos y terreno. Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo el flujo de trabajo vamos a crear malla; aquí pondremos tipo de superficie bajo relieve/terreno para que el programa haga toda la triangulación, los datos de fuente será la nube de puntos densa debido a que en este tenemos más puntos y la triangulación será más exacta para el modelamiento.

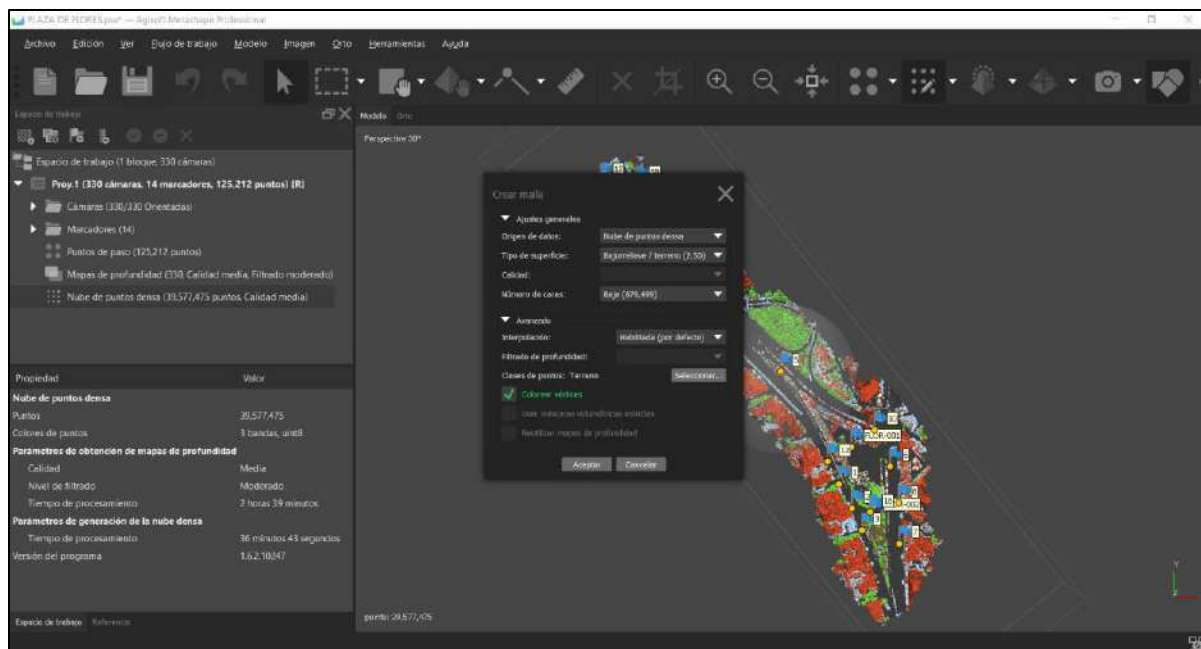


Figura 70: Configuración para la creación de malla del terreno. Fuente: Elaboración propia.

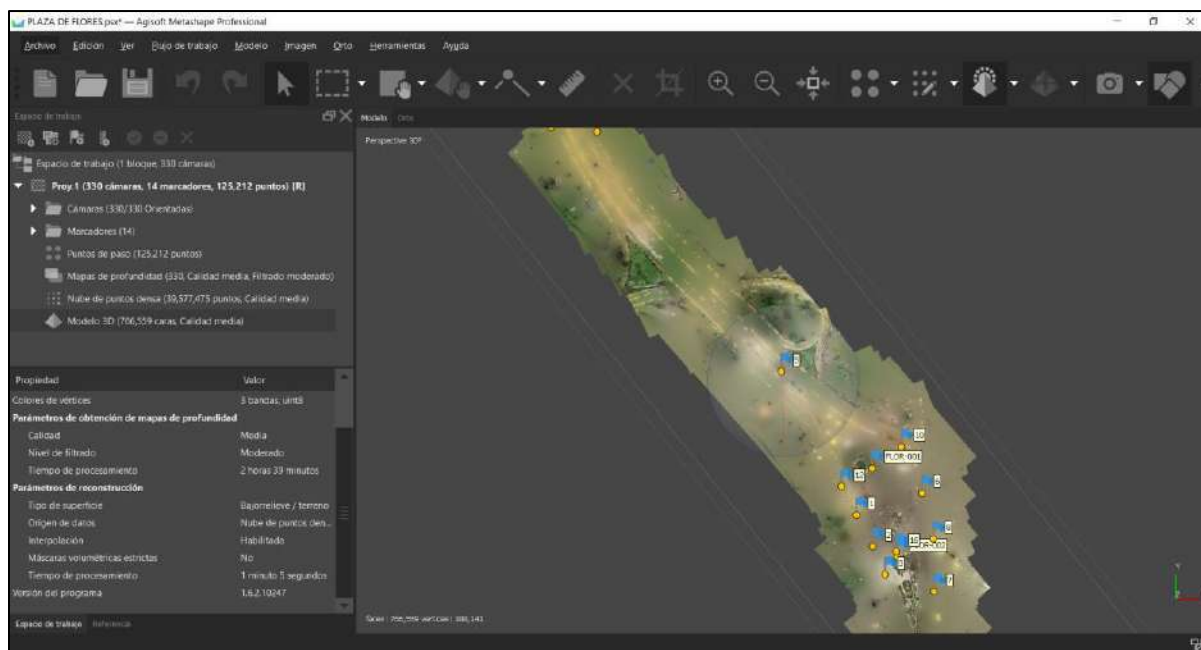


Figura 71: Resultado de la malla del terreno, 1 minuto y 5 segundos de procesamiento. Fuente: Elaboración propia.

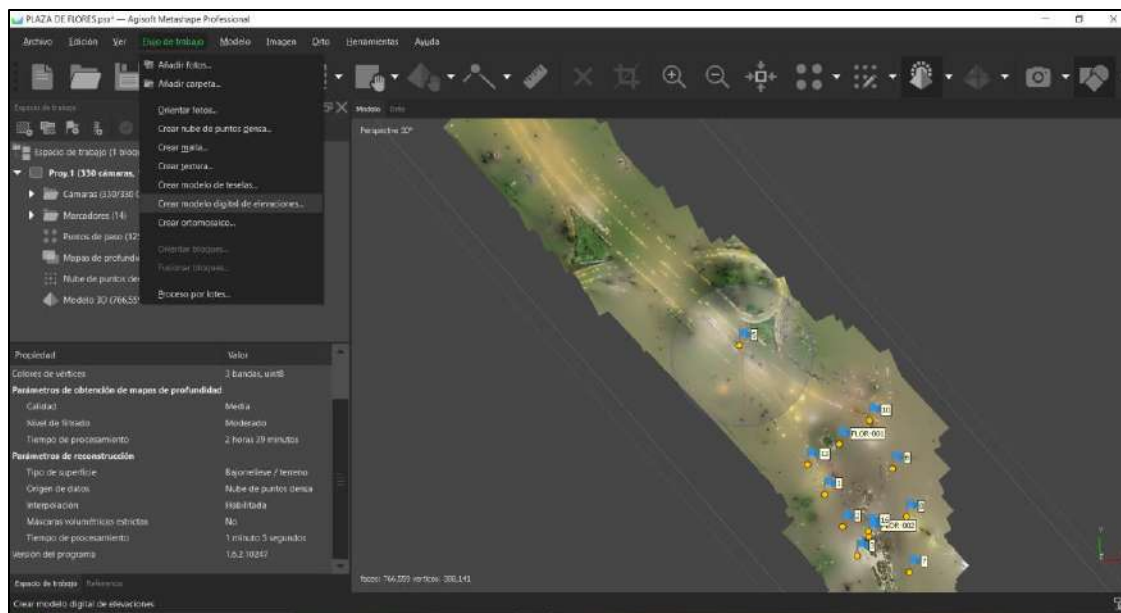


Figura 72: Siguiendo el flujo de trabajo pasamos a obtener el modelo digital del terreno. Fuente: Elaboración propia.

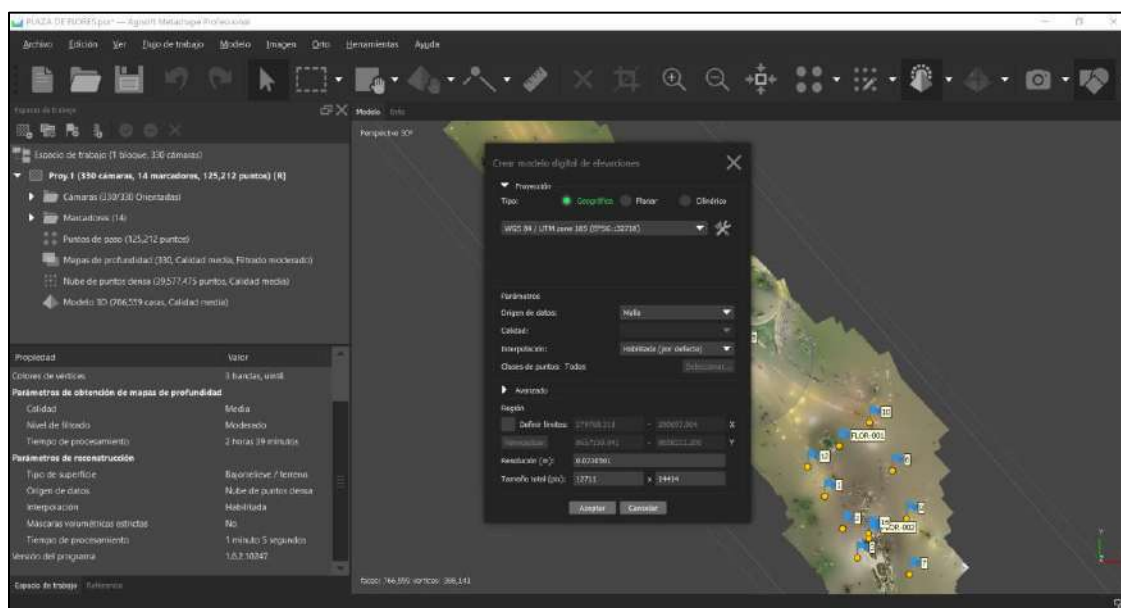


Figura 73: Configuramos las opciones de creación y le damos aceptar. Fuente: Elaboración propia.

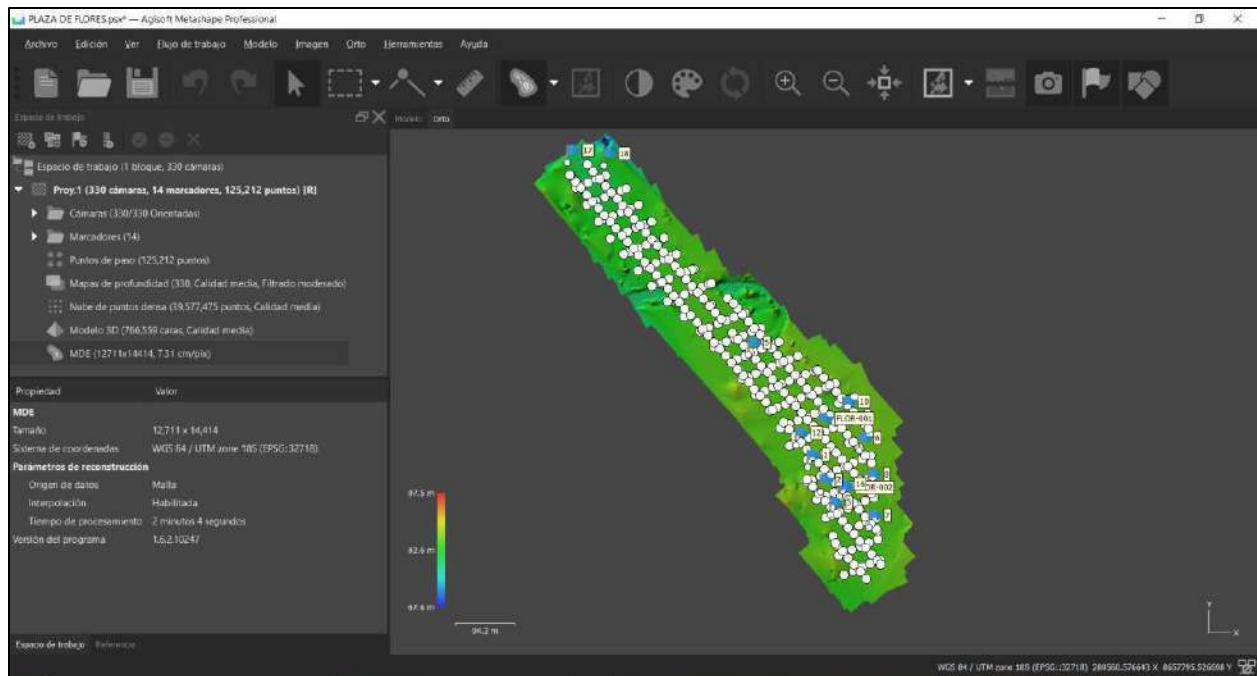


Figura 74. Tenemos la representación en orto con sombreado respectivo, al costado izquierdo nos da el rango de elevaciones por color y el tiempo que se ejecutó. Fuente: Elaboración propia.

Se va determinar las curvas de nivel, el programa nos muestra la altura máxima y mínima y se configura el intervalo de separación de manera que no se solape de curva a curva

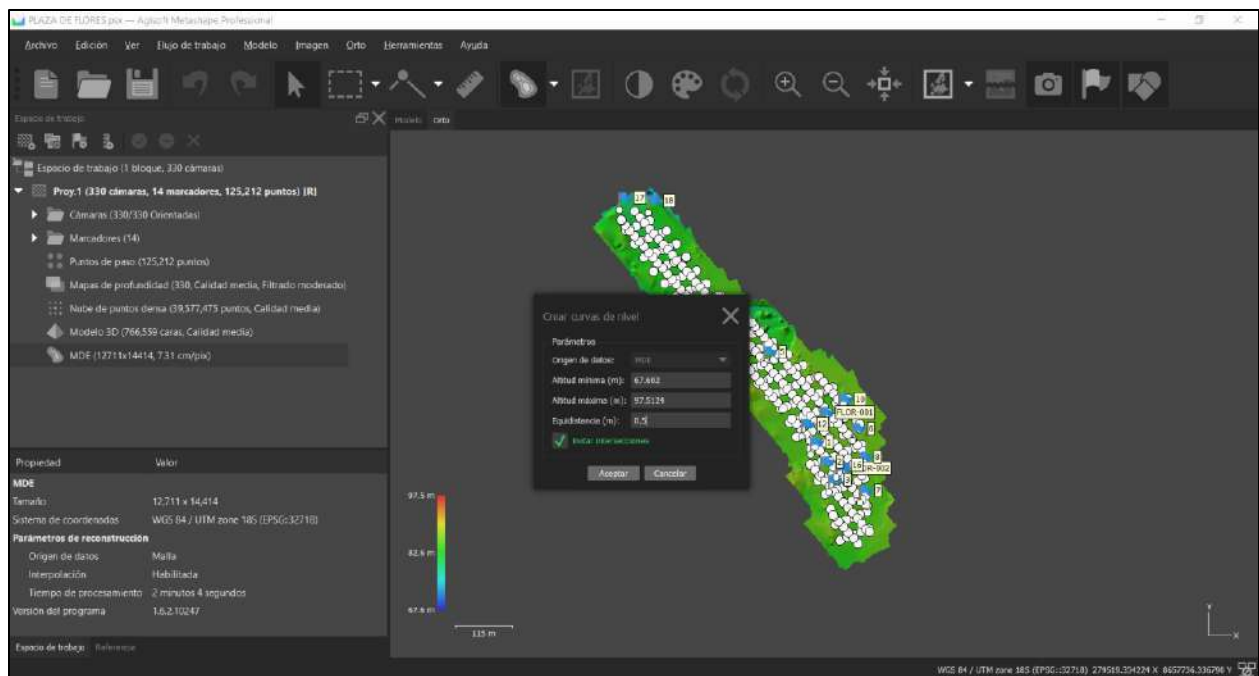


Figura 75: Configuración para la obtención de curvas de nivel. Fuente: Elaboración propia.

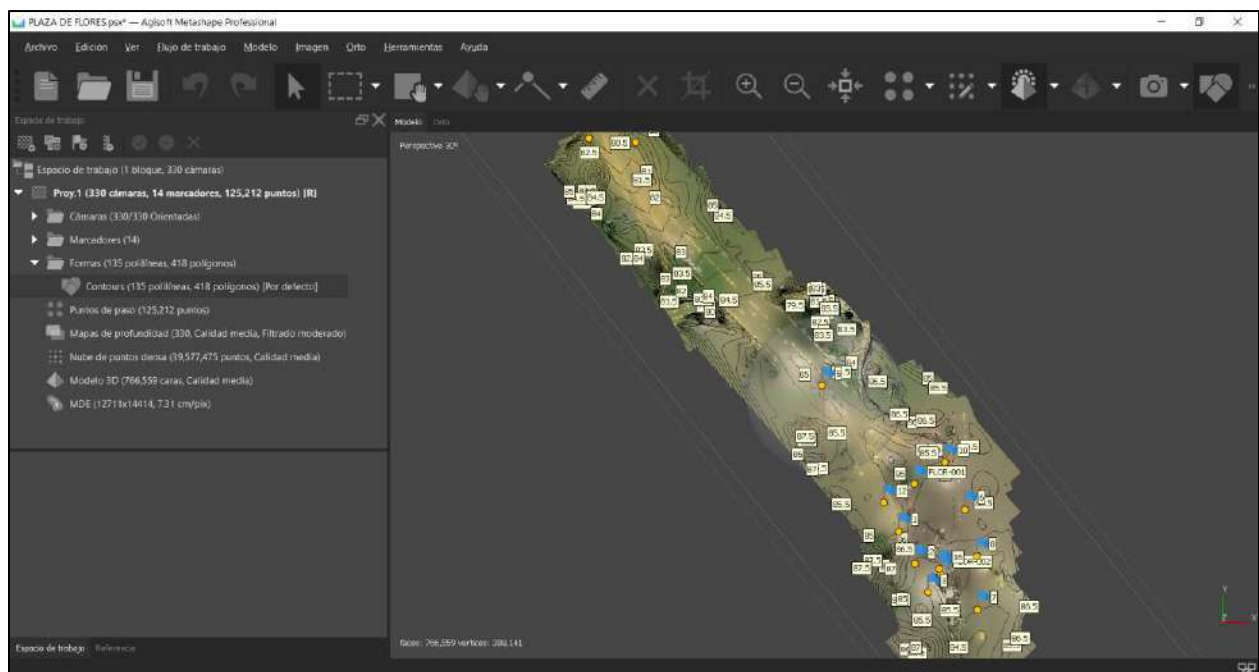


Figura 76: Obtención de curvas de nivel cada 0.50m. Fuente: Elaboración propia.

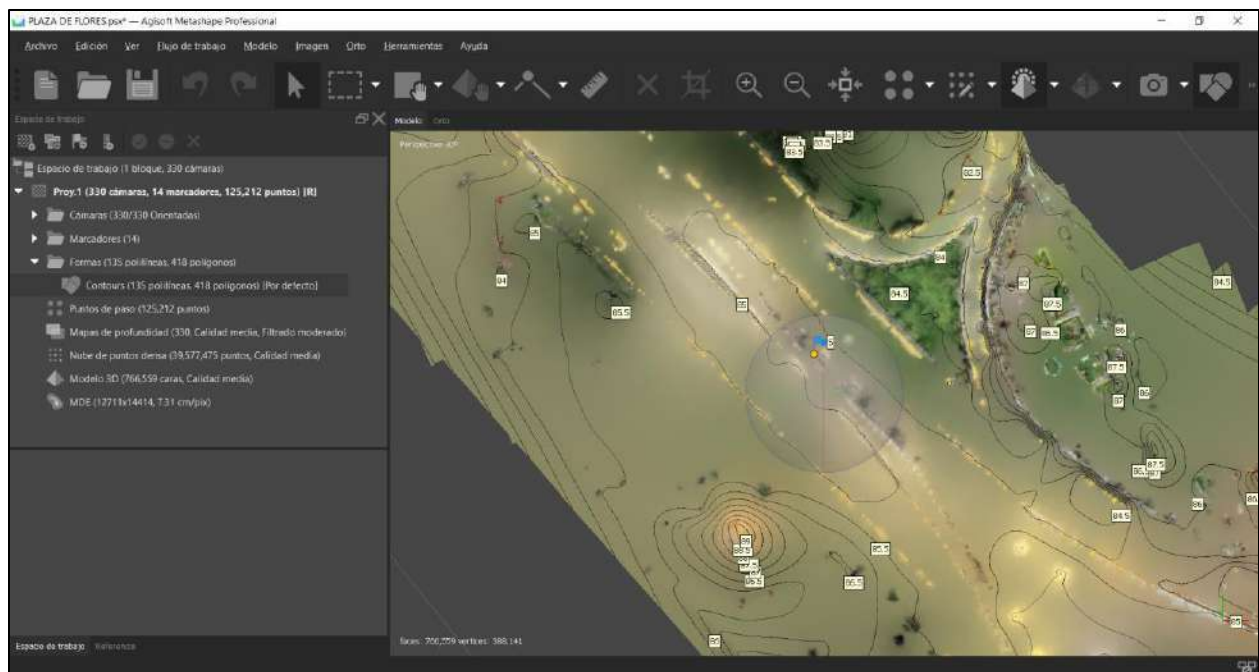


Figura 77: Acercamiento a las curvas de nivel cada 0.50m. Fuente: Elaboración propia.

Pasamos al ortomosaico que es la imagen que se genera una vez georreferenciado y organizado el conjunto de imágenes que se tomó en el campo, cabe resaltar que la distorsión geométrica ya está corregida y ortorrectificada, esta tiene información digital se puede exportar a varios programas que manejen sistemas de información geográfica.

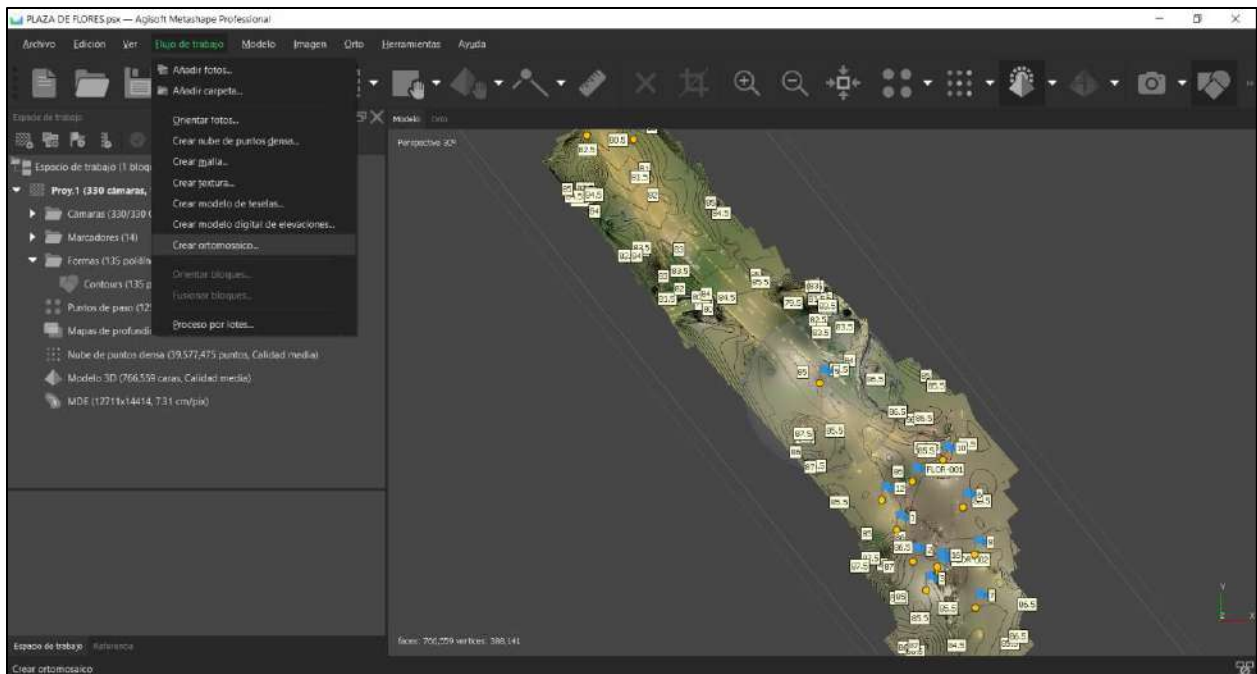


Figura 78: Opción para la creación de ortomosaico. Fuente: Elaboración propia.

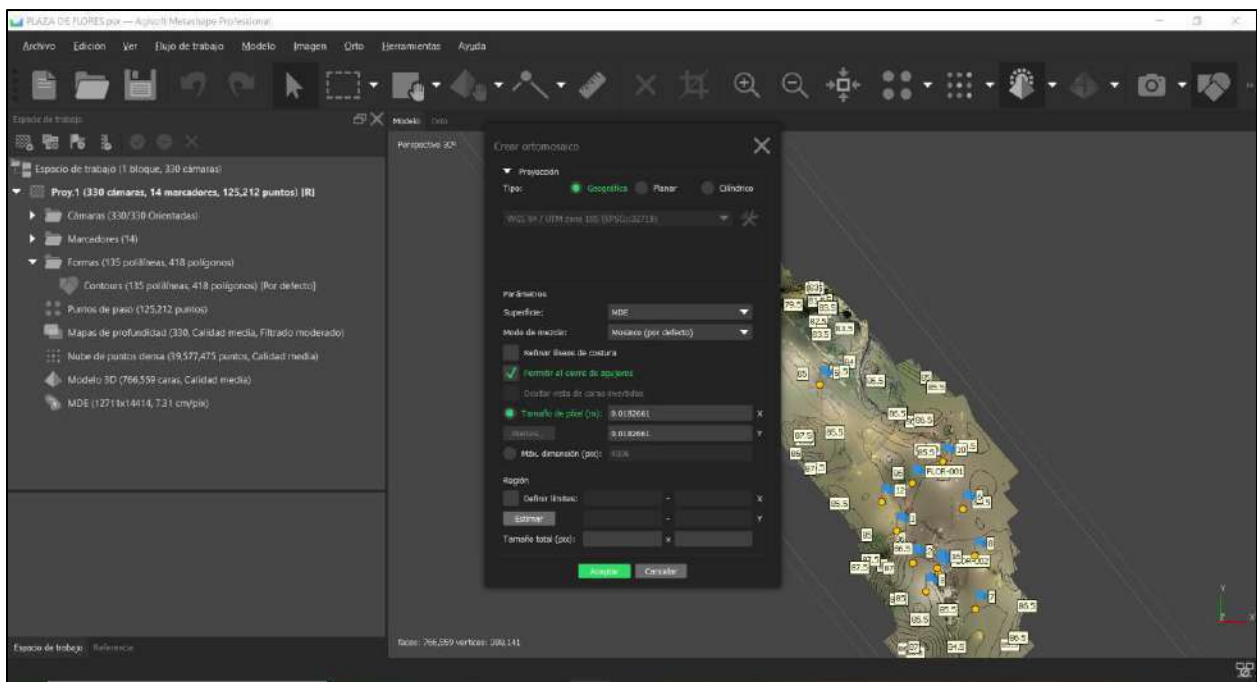


Figura 79: Configuración de para el ortomosaico. Fuente: Elaboración propia.

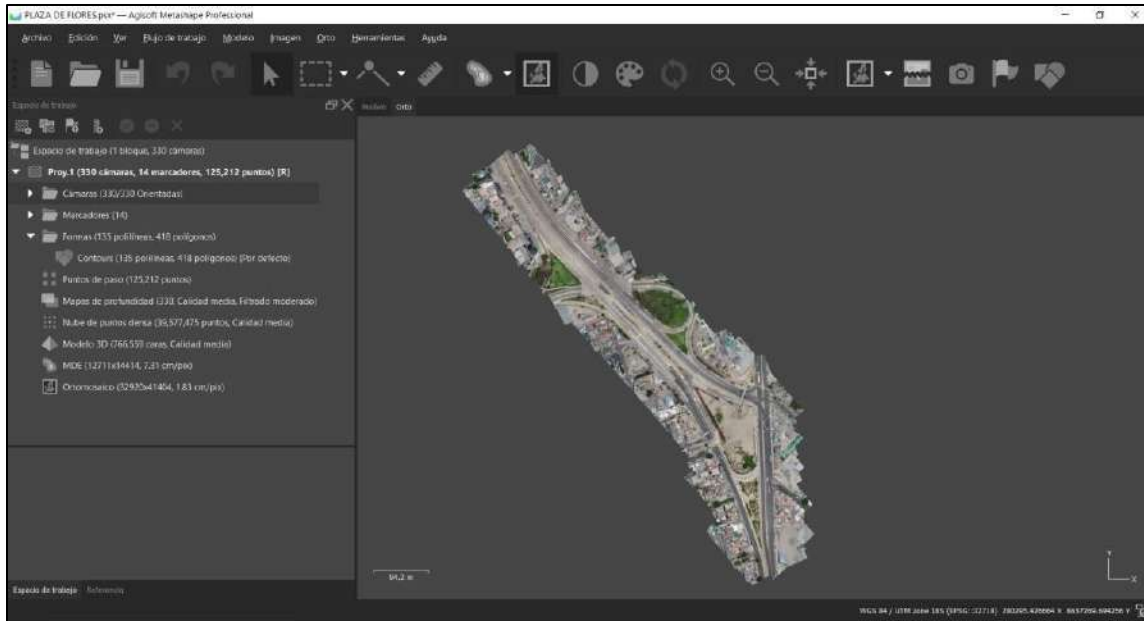
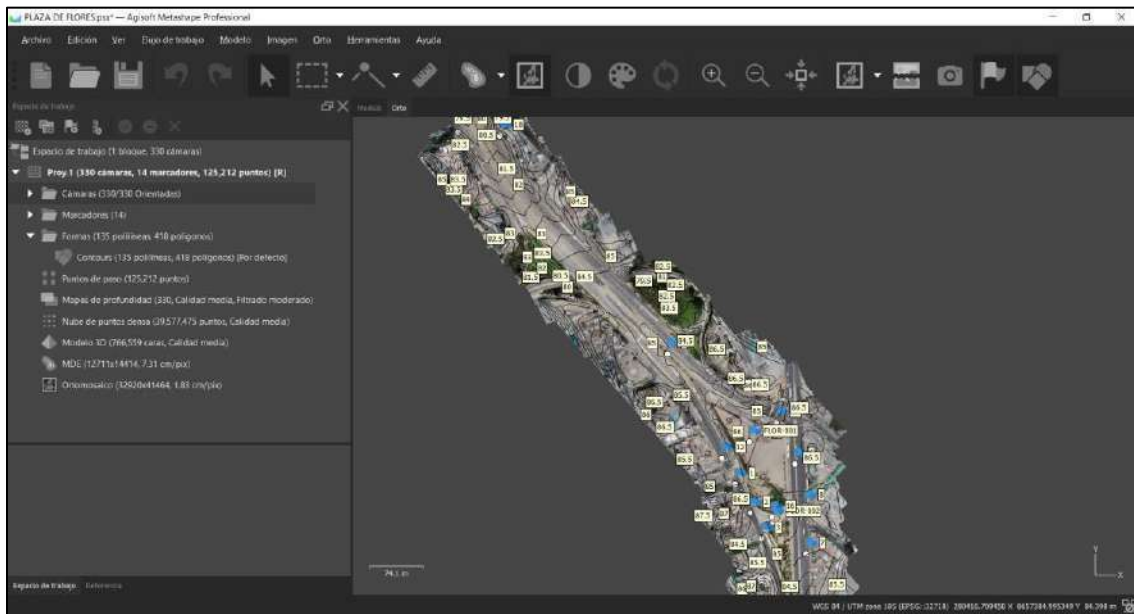


Figura 80: Se obtuvo el ortomosaico total del proyecto en 19 minutos y 38 segundos. Fuente: Elaboración propia.



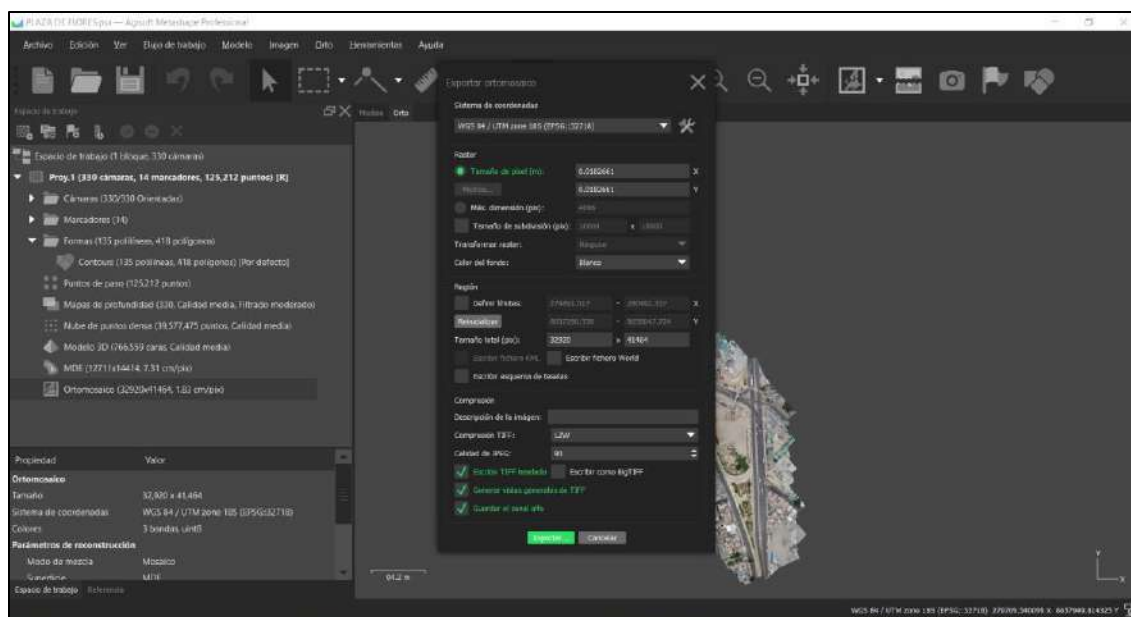


Figura 82. Exportamos el producto de ortomosaico para crear un plano de presentación. Fuente: Elaboración propia.

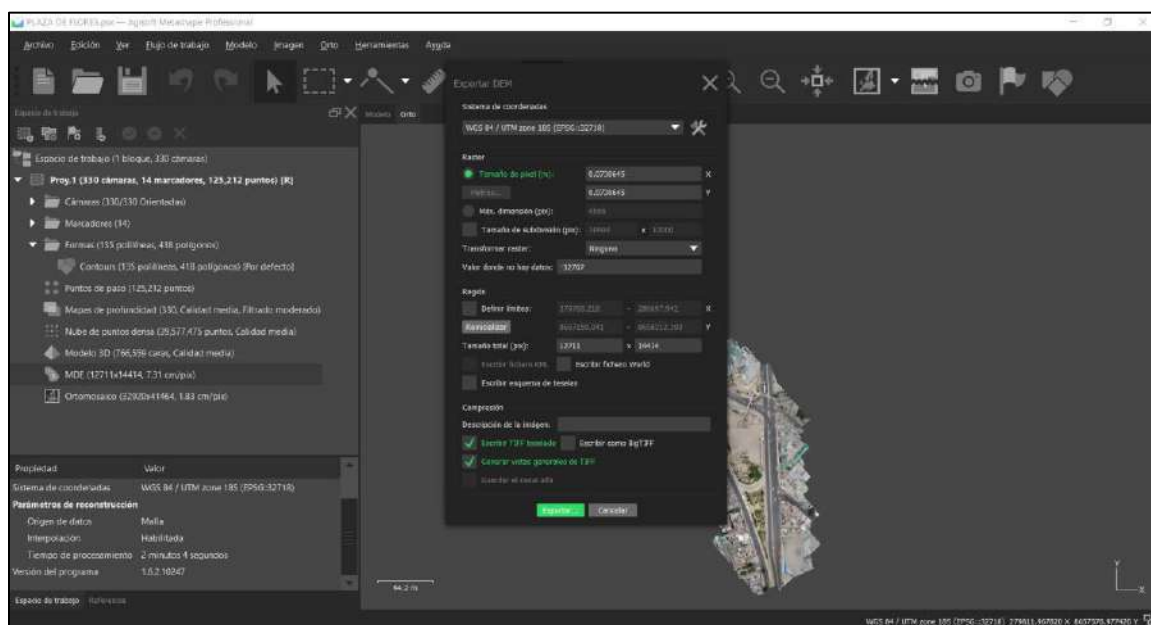


Figura 83. Exportamos el producto de modelo digital de elevaciones (DEM) para crear un plano de presentación. Fuente: Elaboración propia.

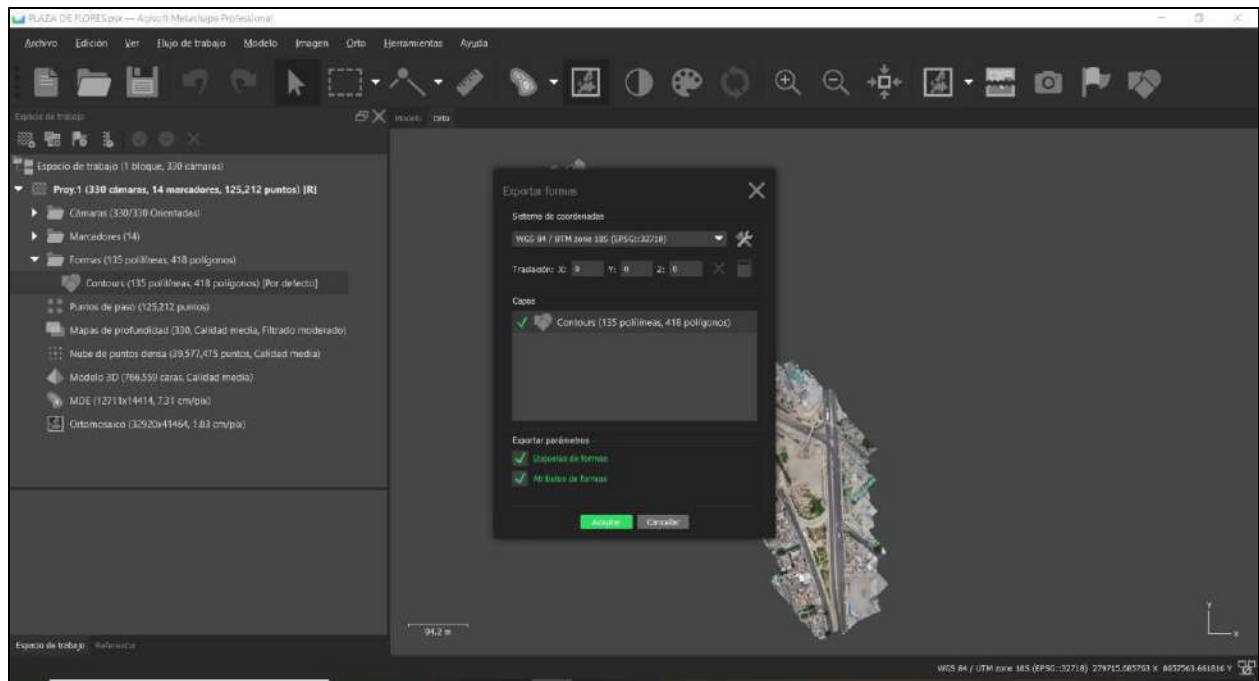


Figura 84: Exportamos el producto de modelo digital de elevaciones (DEM) para crear un plano de presentación. Fuente: Elaboración propia.

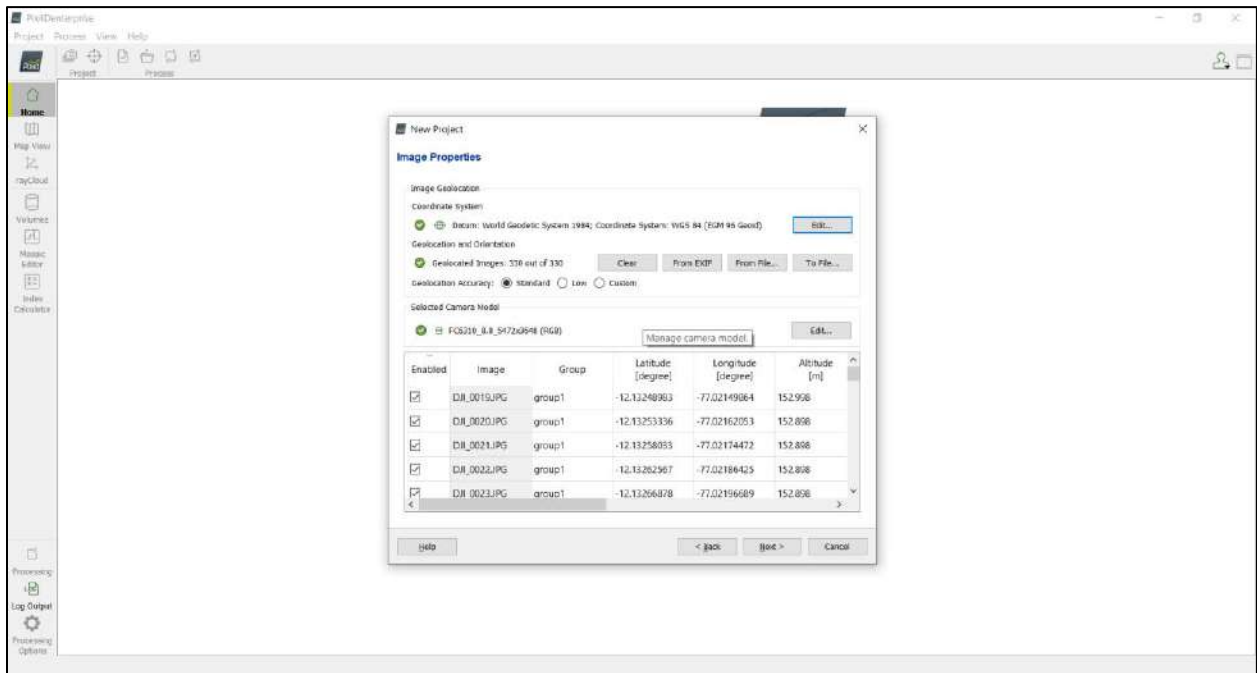
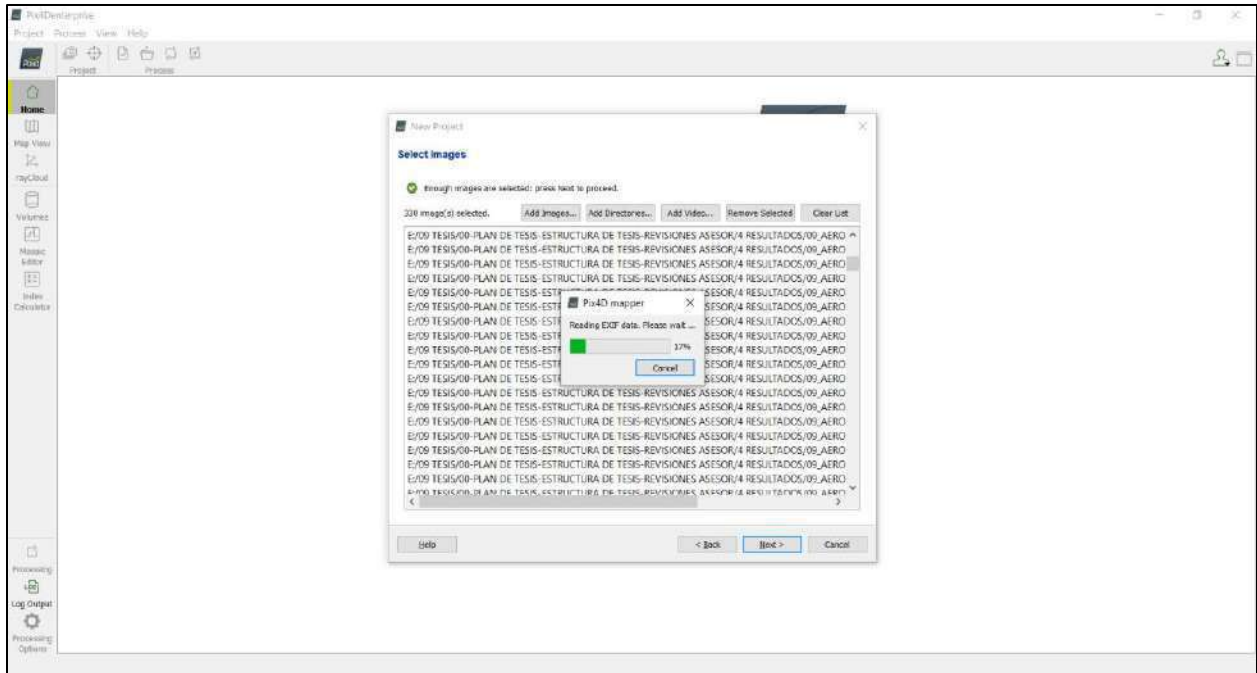


Figura 87 y 88: Se carga las fotos del levantamiento del dron. Fuente: Elaboración propia.

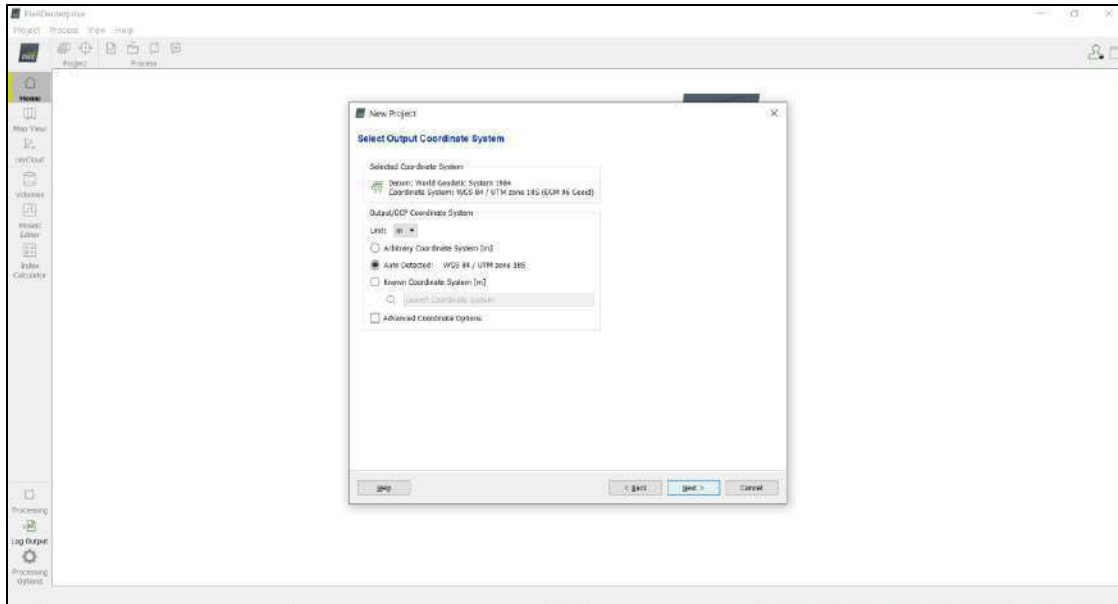


Figura 89. Se modifica las coordenadas a UTM del levantamiento del dron. Fuente: Elaboración propia.

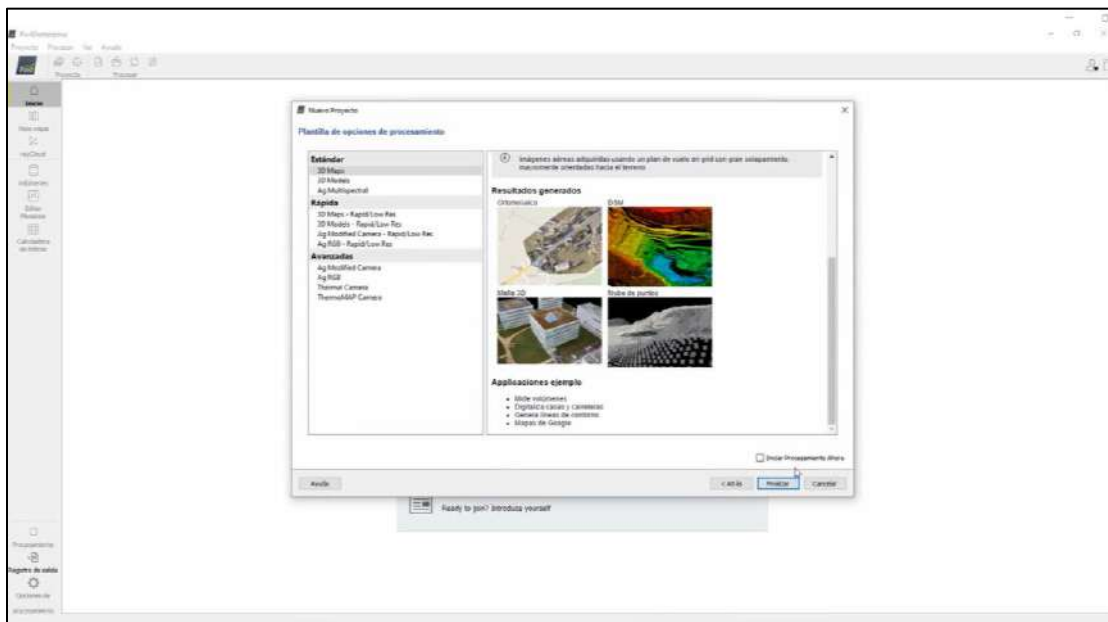


Figura 90: Se elige la opción 3D Maps que será la que nos procesará las fotos de manera que tengamos resultados topográficos. Fuente: Elaboración propia.



Figura 91: Se muestra las posiciones de las fotos que tomo el dron en su plan de vuelo. Fuente: Elaboración propia.

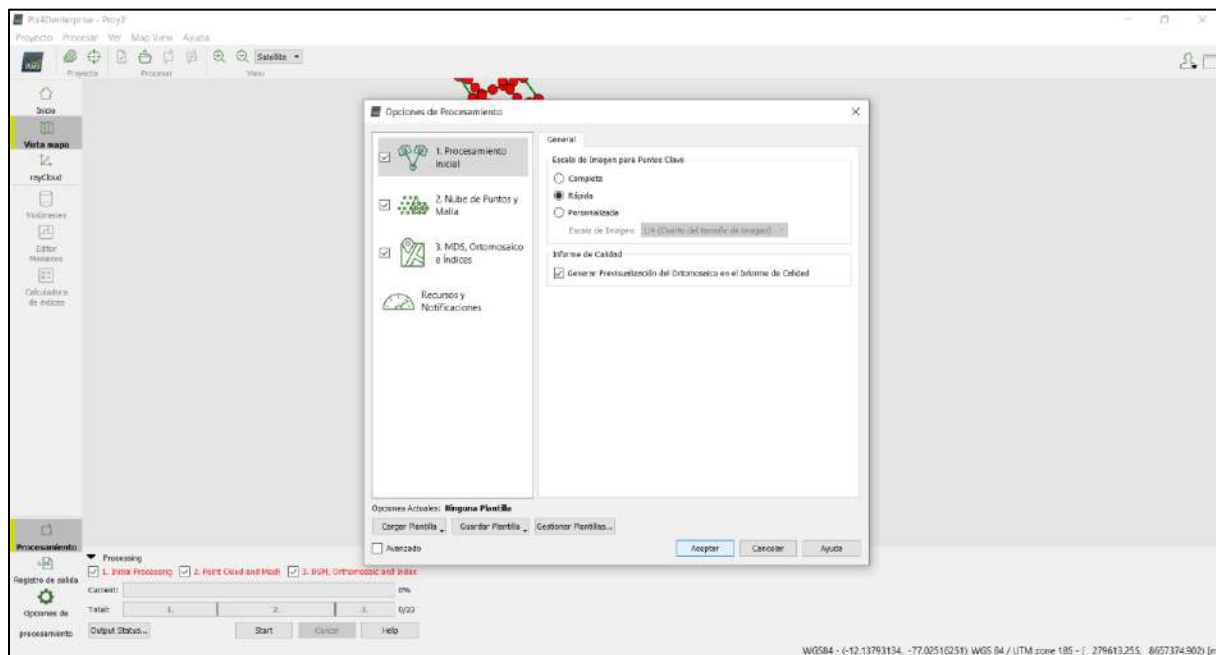


Figura 92. Configuración 1 del procesamiento. Fuente: Elaboración propia.



Figura 93. Se inicia el procesamiento de cada foto obtenida. Fuente: Elaboración propia.

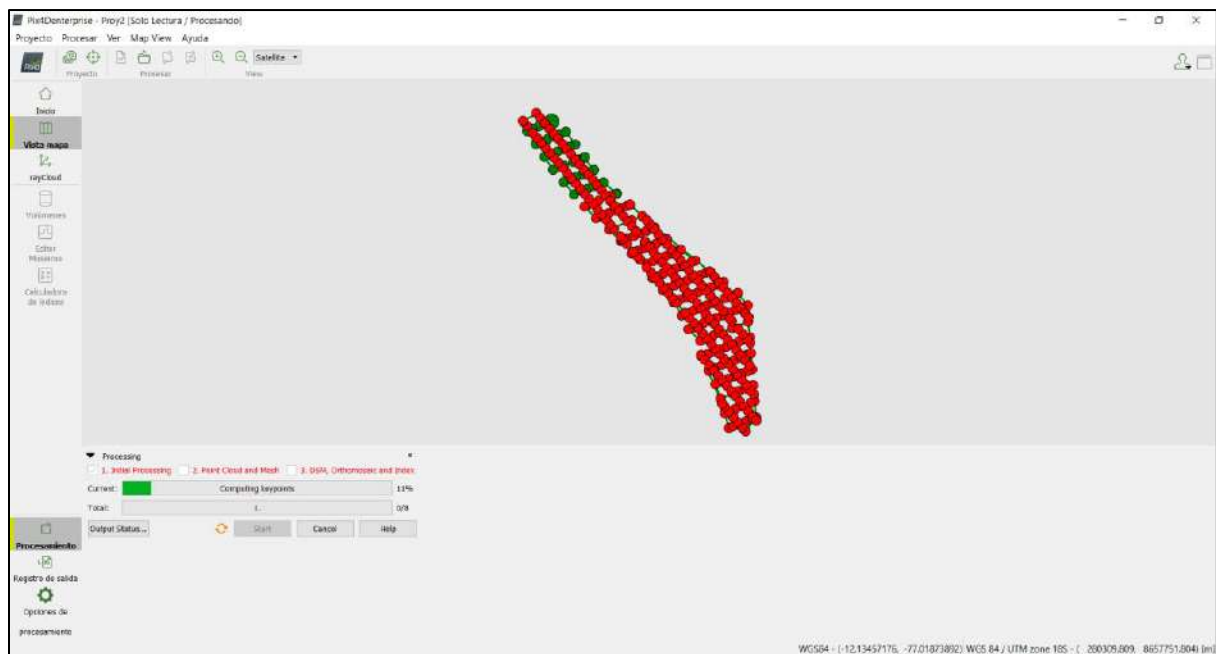


Figura 94. Se muestra mediante la barra el avance foto por foto guiándose del plan de vuelo.

Fuente: Elaboración propia.

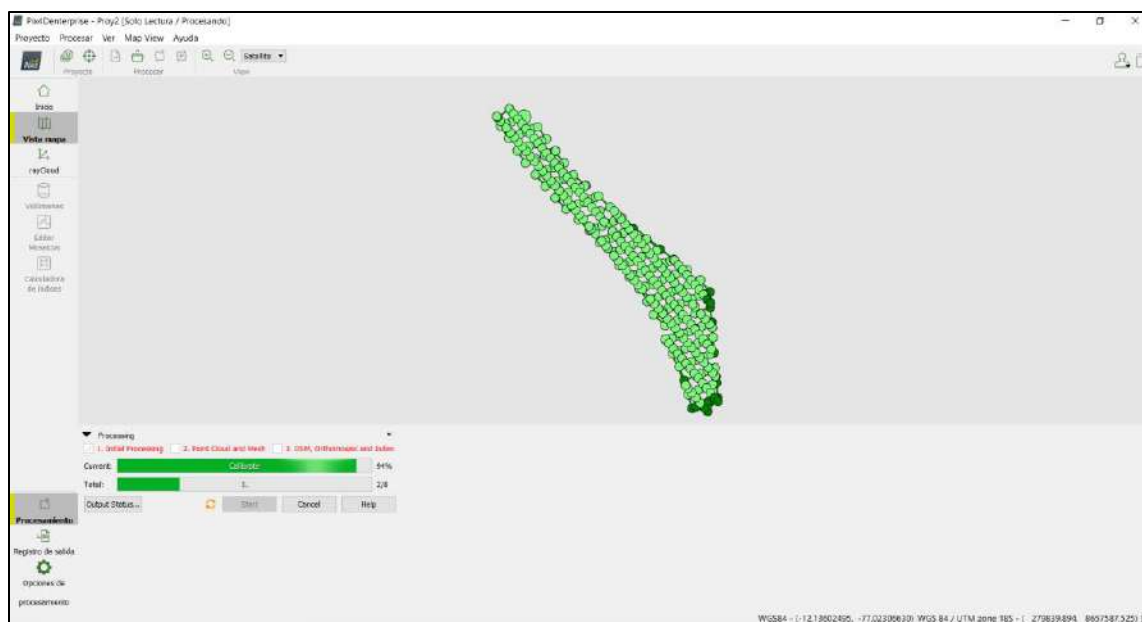


Figura 95: Se muestra mediante la barra el avance de procesamiento ya casi completo del plan de vuelo. Fuente: Elaboración propia.

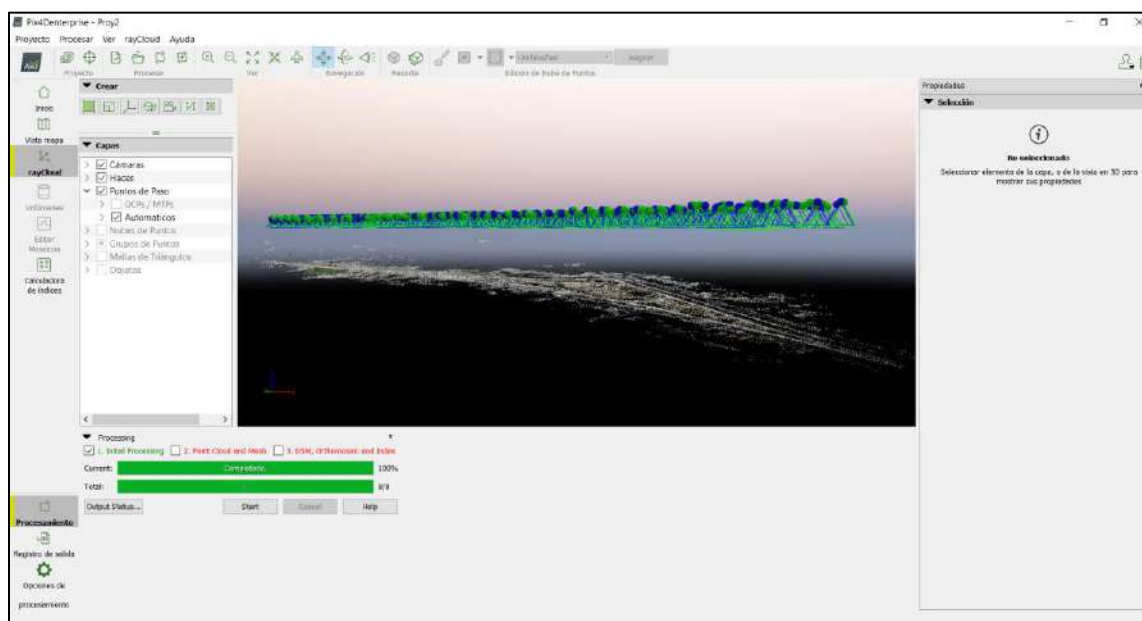


Figura 96: Se completa la calibración de las fotos, mostrando ningún error en alguno. Fuente: Elaboración propia.

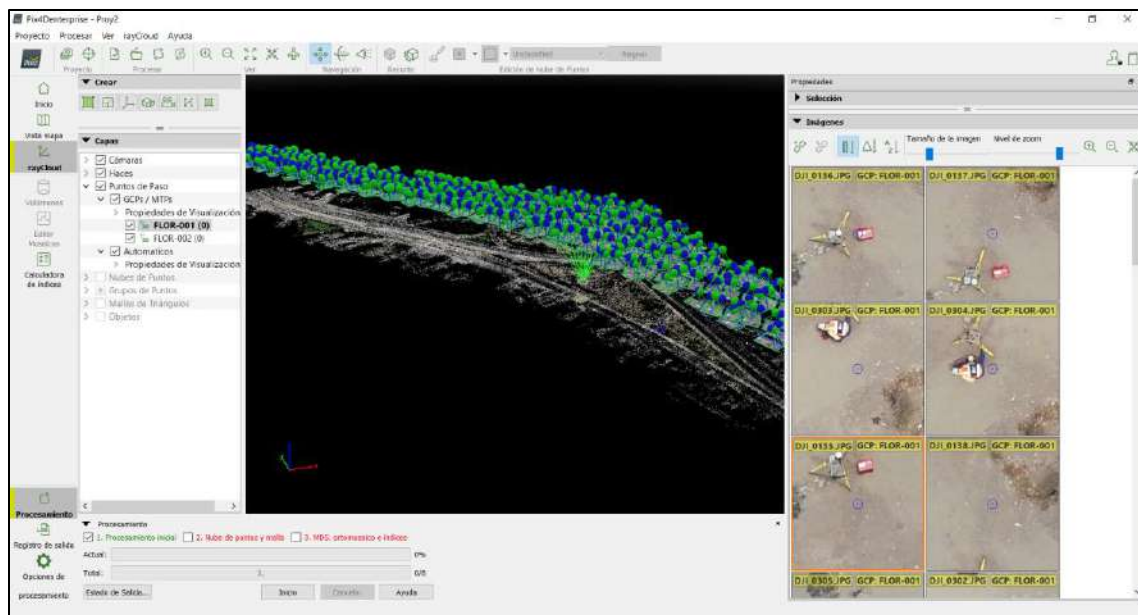


Figura 97: Se coloca los puntos de apoyo, en este caso el FLOR-001, y se hace coincidir con las fotos del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

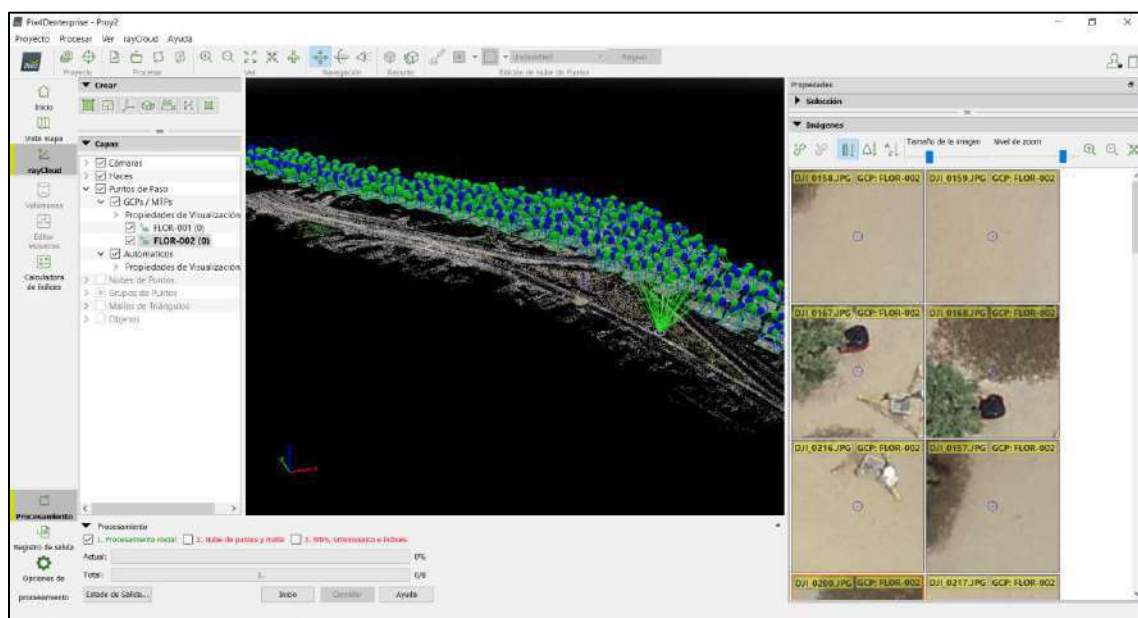


Figura 98. Se coloca los puntos de apoyo, en este caso el FLOR-002, y se hace coincidir con las fotos del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

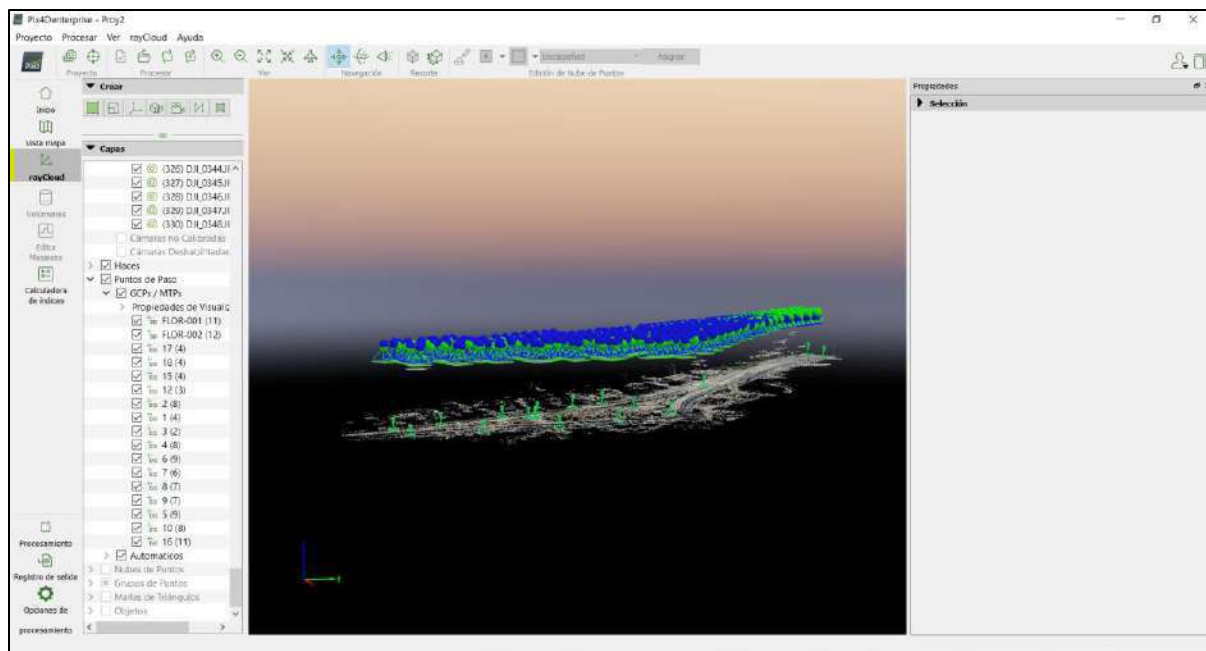


Figura 99. Se coloca los puntos de paso, los cuales son solo marcados en el proyecto y se hace coincidir con las fotos. Fuente: Elaboración propia.

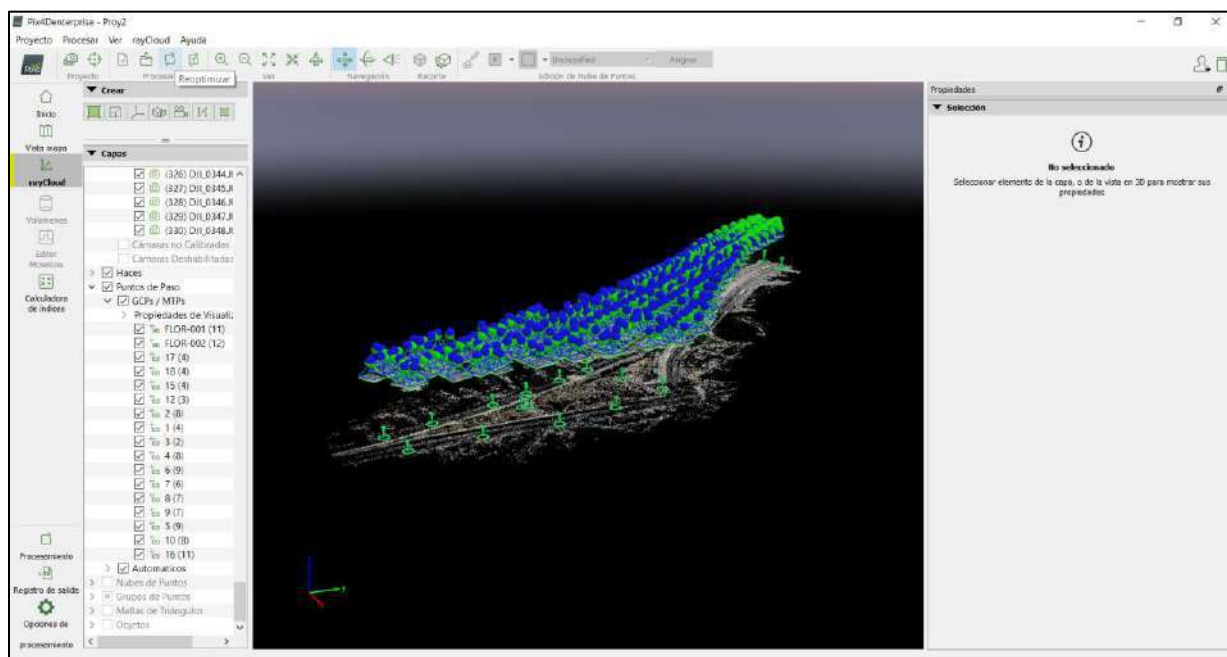


Figura 100. Elegimos la opción de *Reoptimizar*. Fuente: Elaboración propia.

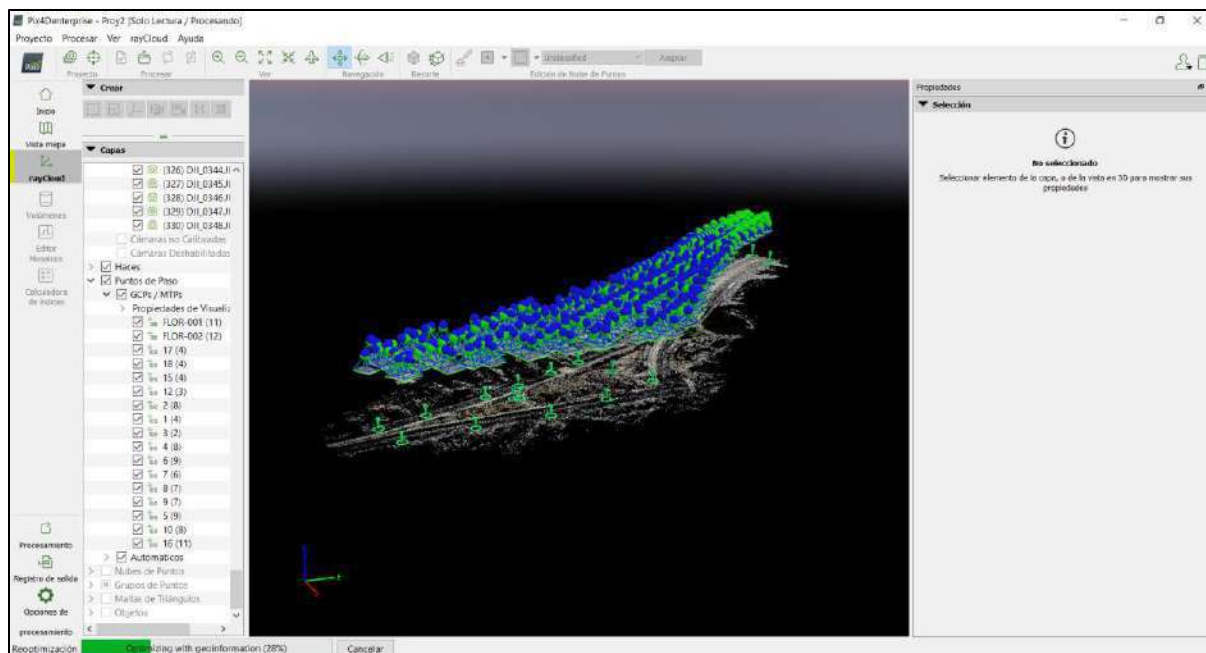


Figura 101. Proceso de cargado con los puntos de apoyo y de paso. Fuente: Elaboración propia.

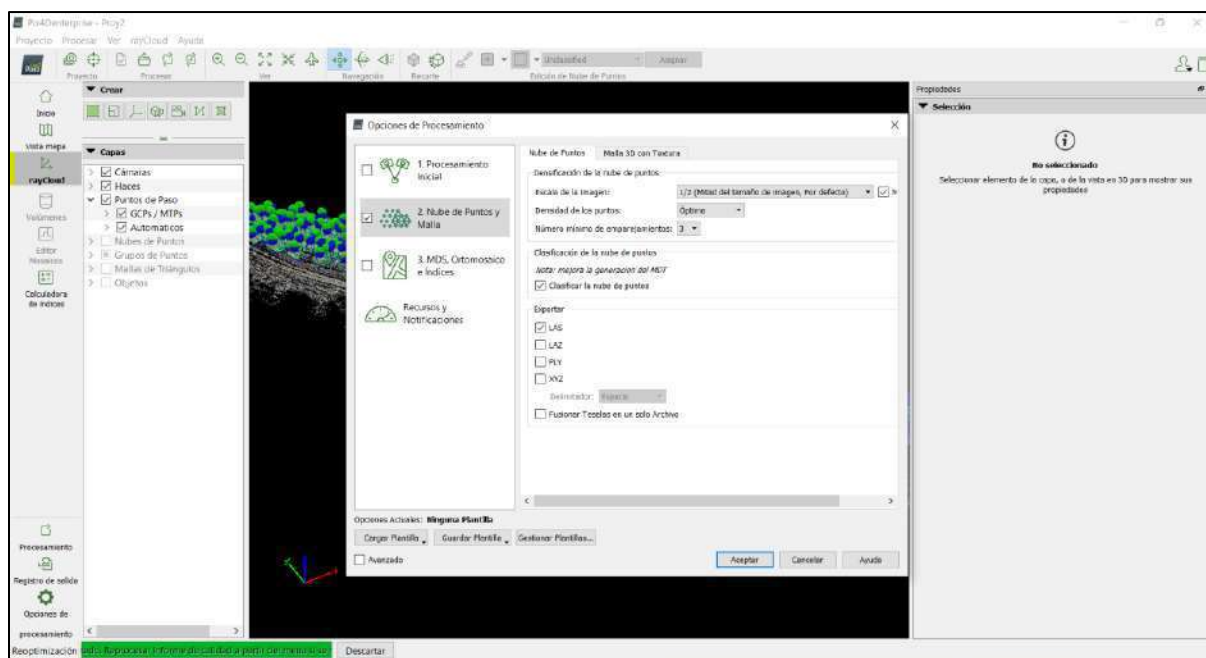


Figura 102. Una vez cargado pasamos al paso 2 para determinar la nube de puntos y malla 3D, se hace la configuración respectiva de la nube de puntos. Fuente: Elaboración propia.

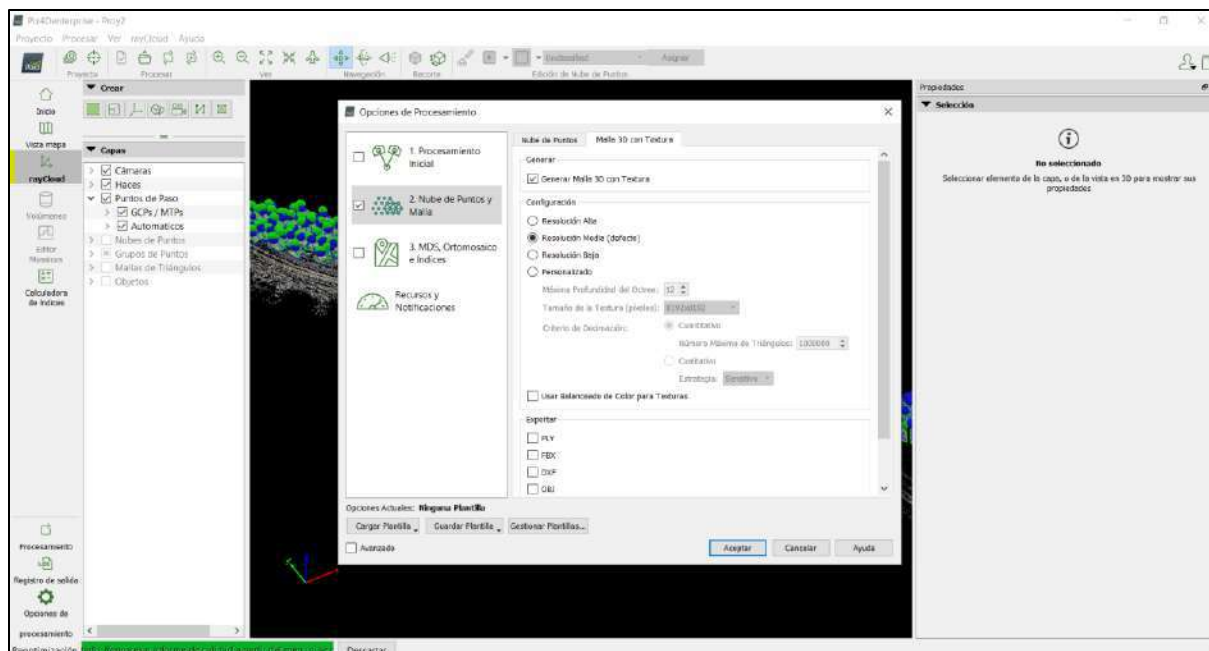


Figura 103: Una vez cargado pasamos al paso 2 para determinar la nube de puntos y malla 3D, se hace la configuración respectiva de la malla 3D. Fuente: Elaboración propia.

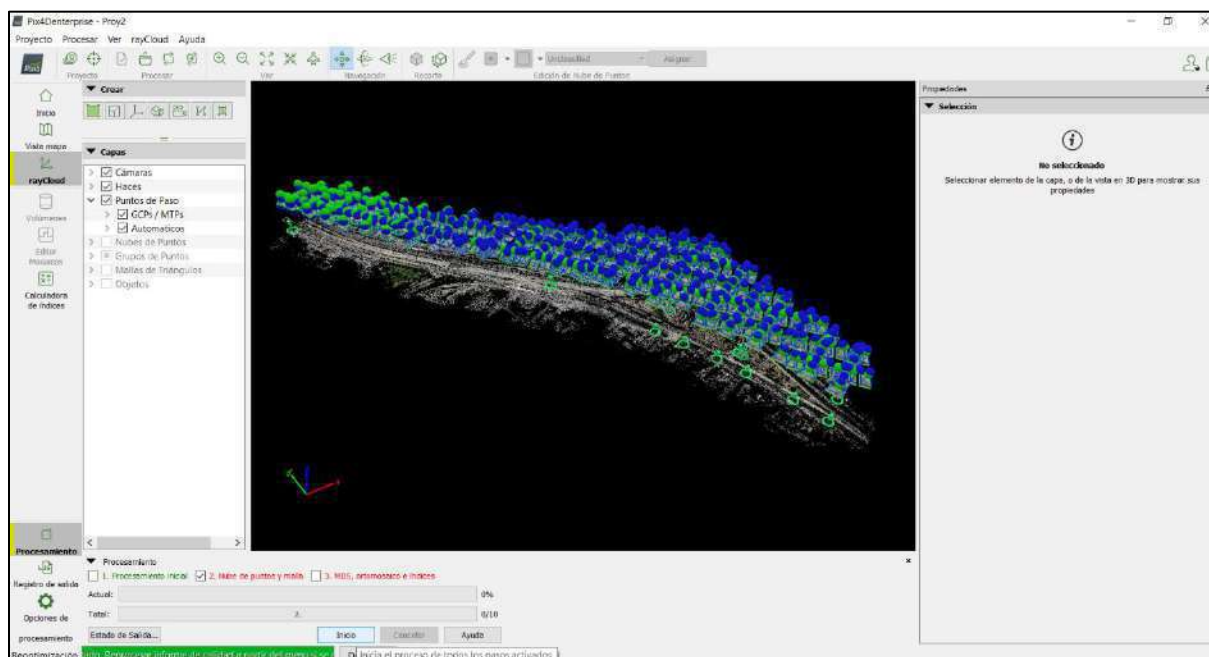


Figura 104: Aceptamos para que inicie el proceso. Fuente: Elaboración propia.

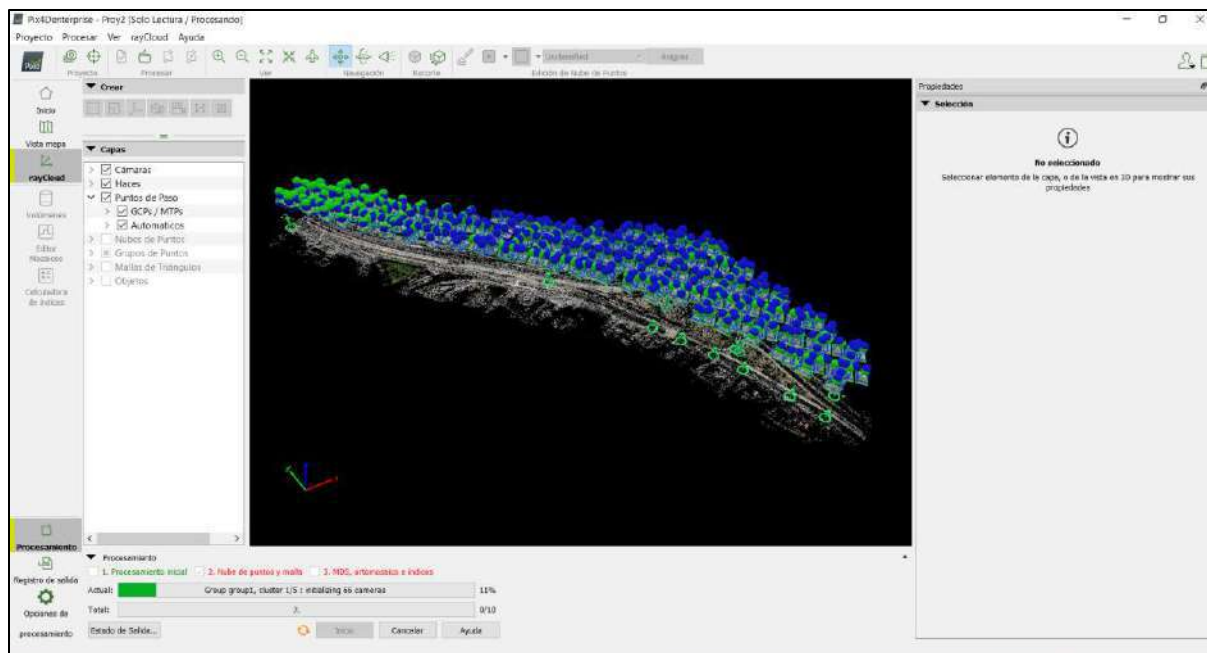


Figura 105. Quedamos a la espera de su proceso de carga. Fuente: Elaboración propia.

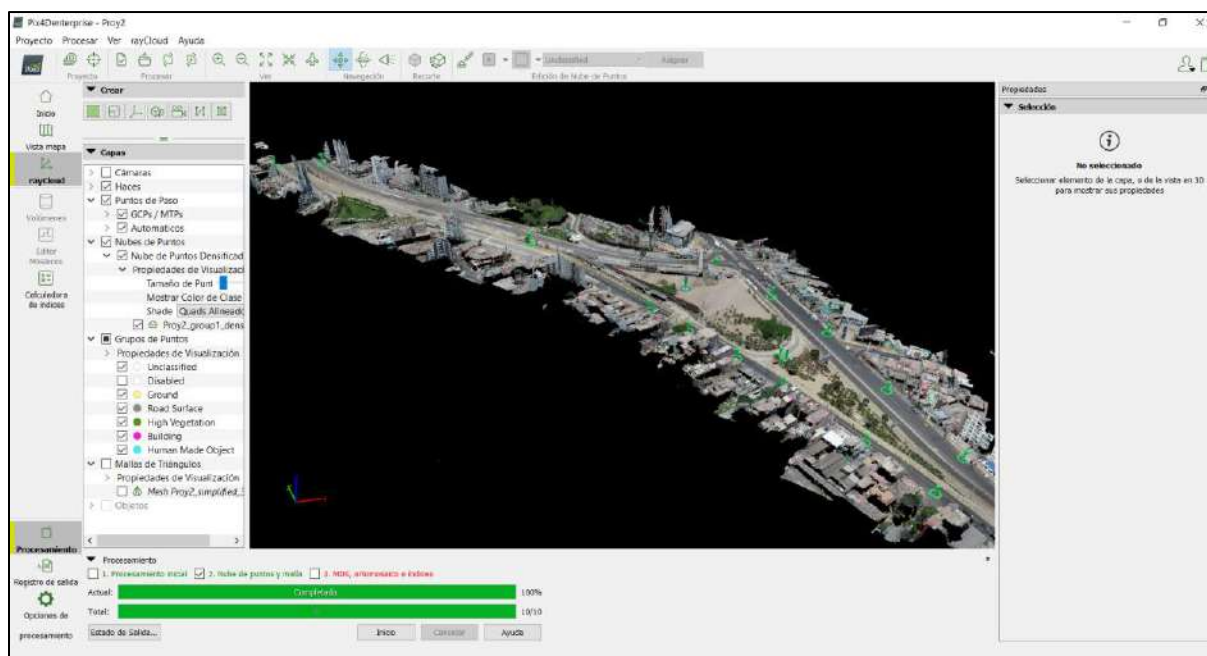


Figura 106: Completado se muestra el resultado de la nube de puntos. Fuente: Elaboración propia.

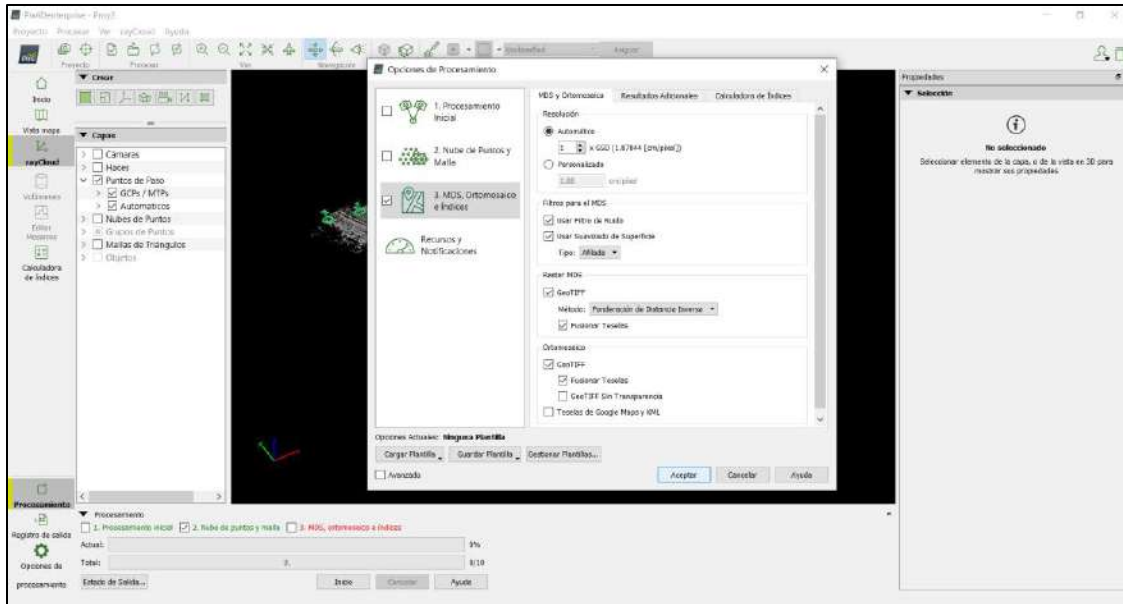


Figura 107: Pasamos ahora al procesamiento de MDS, ortomosaico e índices, hacemos la configuración respectiva en MDS, ortomosaico y recursos adicionales. Fuente: Elaboración propia.

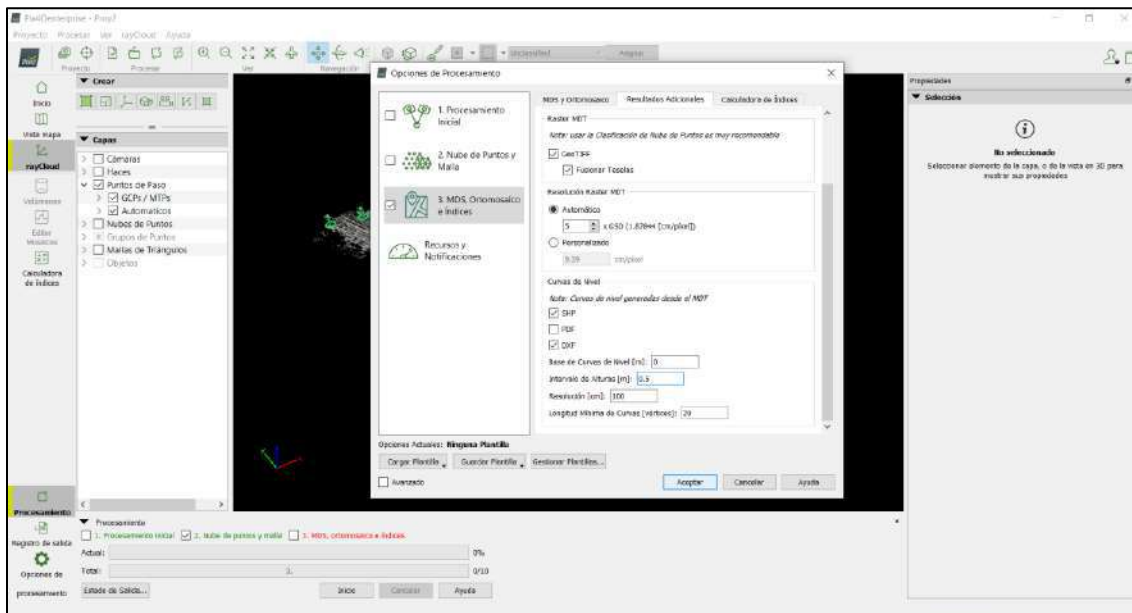


Figura 108: Aceptamos para que inicie el proceso. Fuente: Elaboración propia.

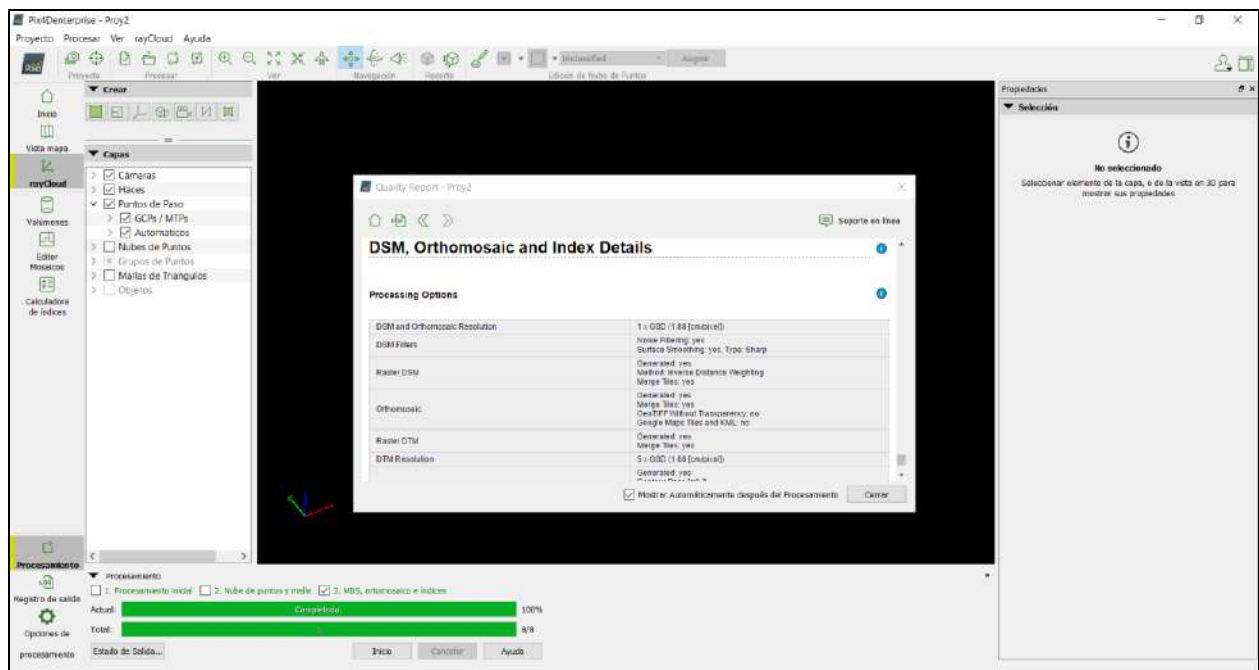


Figura 109. Se da fin al proceso, mostrando resultados. Fuente: Elaboración propia.



Figura 110: Se obtuvo el ortomosaico total del proyecto en 1 hora 51 minutos y 8 segundos.

Fuente: Elaboración propia.

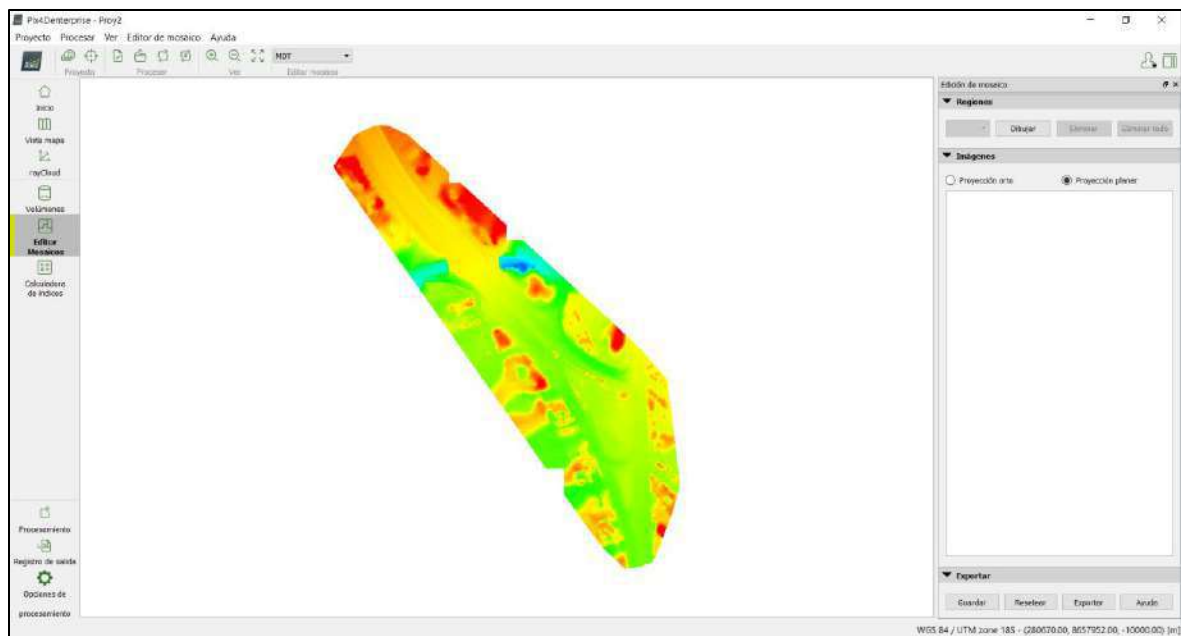


Figura 111: Tenemos la representación del modelo digital del terreno que duro el procesamiento en 1 hora 24 minutos y 13 segundos, cabe señalar que las curvas de nivel, MDT y ortomosaico son exportadas con anticipación en este último proceso. Fuente: Elaboración propia.

4.2 Contrastación de hipótesis

Planteamiento de hipótesis general

H0: Pix4D es el software adecuado para la obtención de los productos fotogramétricos requeridos de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021.

H1: Agisoft Metashape es el software adecuado para la obtención de los productos fotogramétricos requeridos de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021.

Demostración de la hipótesis general

Tabla 14

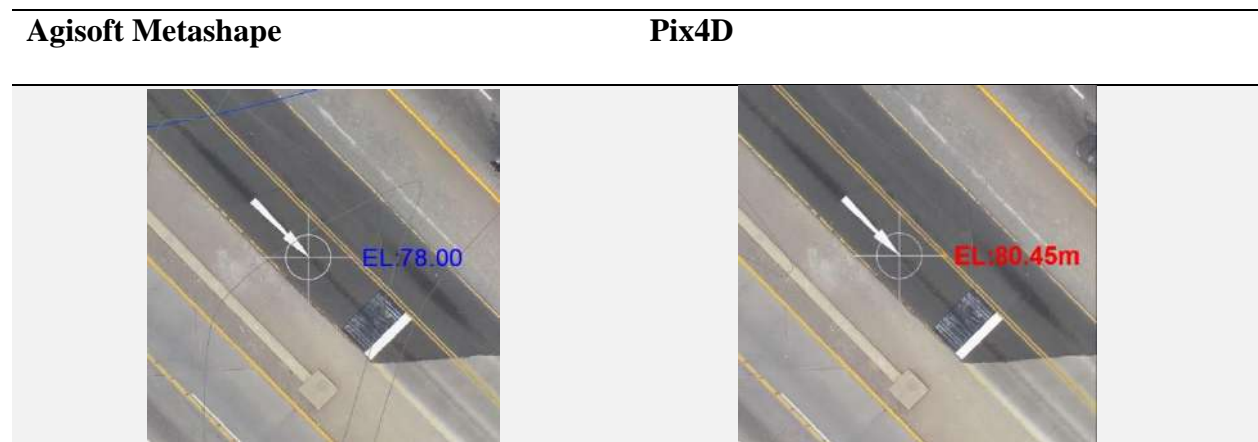
Comparativa 1 de MDT a partir de curvas de nivel.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

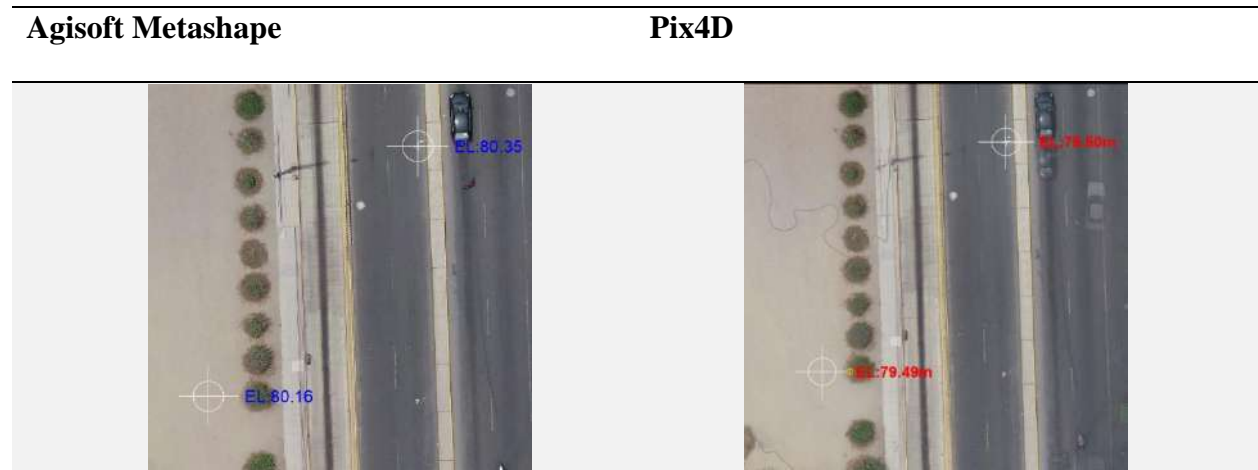
Comparativa 2 de MDT a partir de curvas de nivel.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Comparativa 3 de MDT a partir de curvas de nivel



Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

Comparativa 4 de MDT a partir de curvas de nivel



Fuente: Elaboración propia

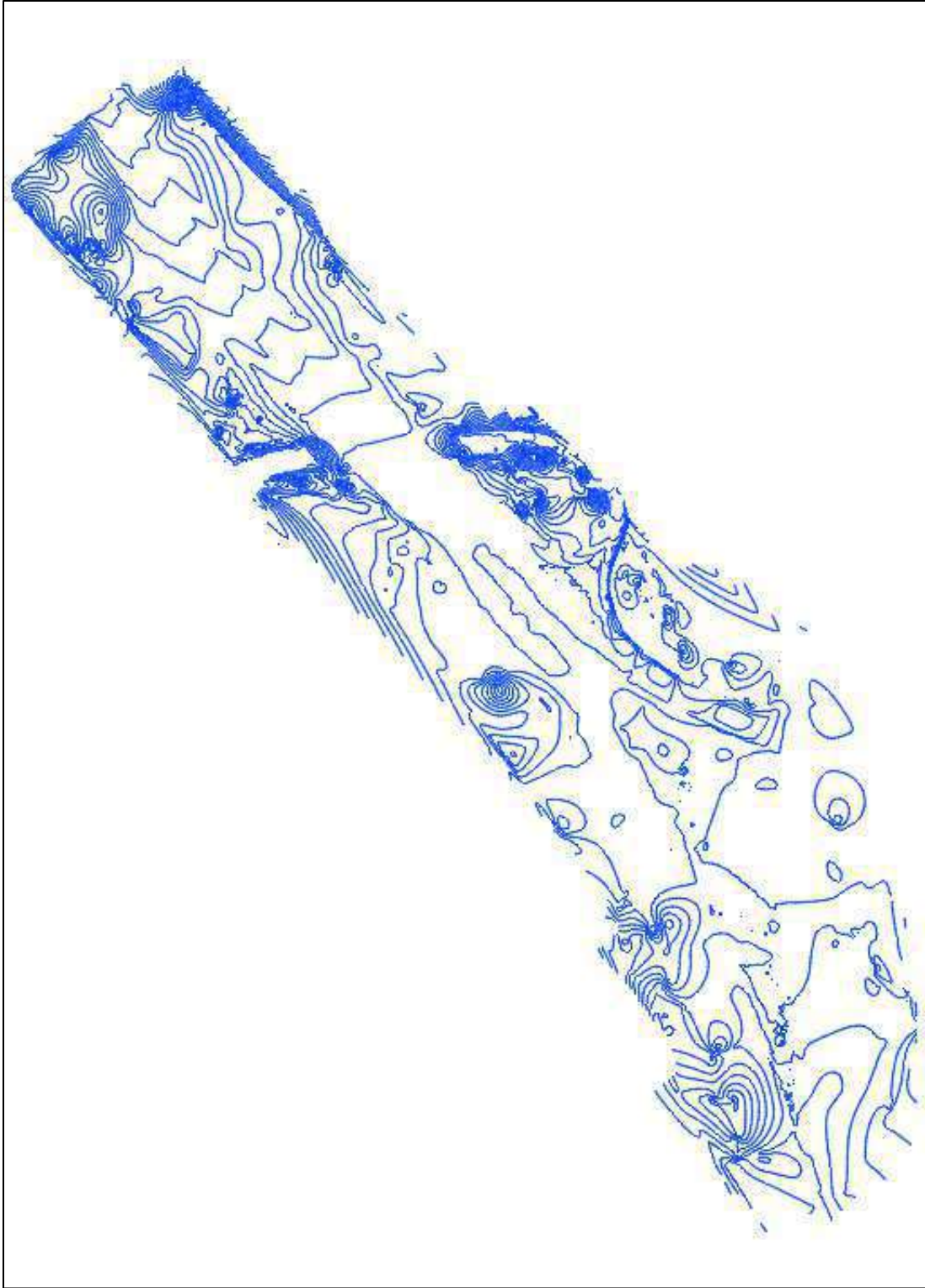


Figura 112: Curvas de nivel obtenido por Agisoft Metashape. Fuente: Elaboración propia.

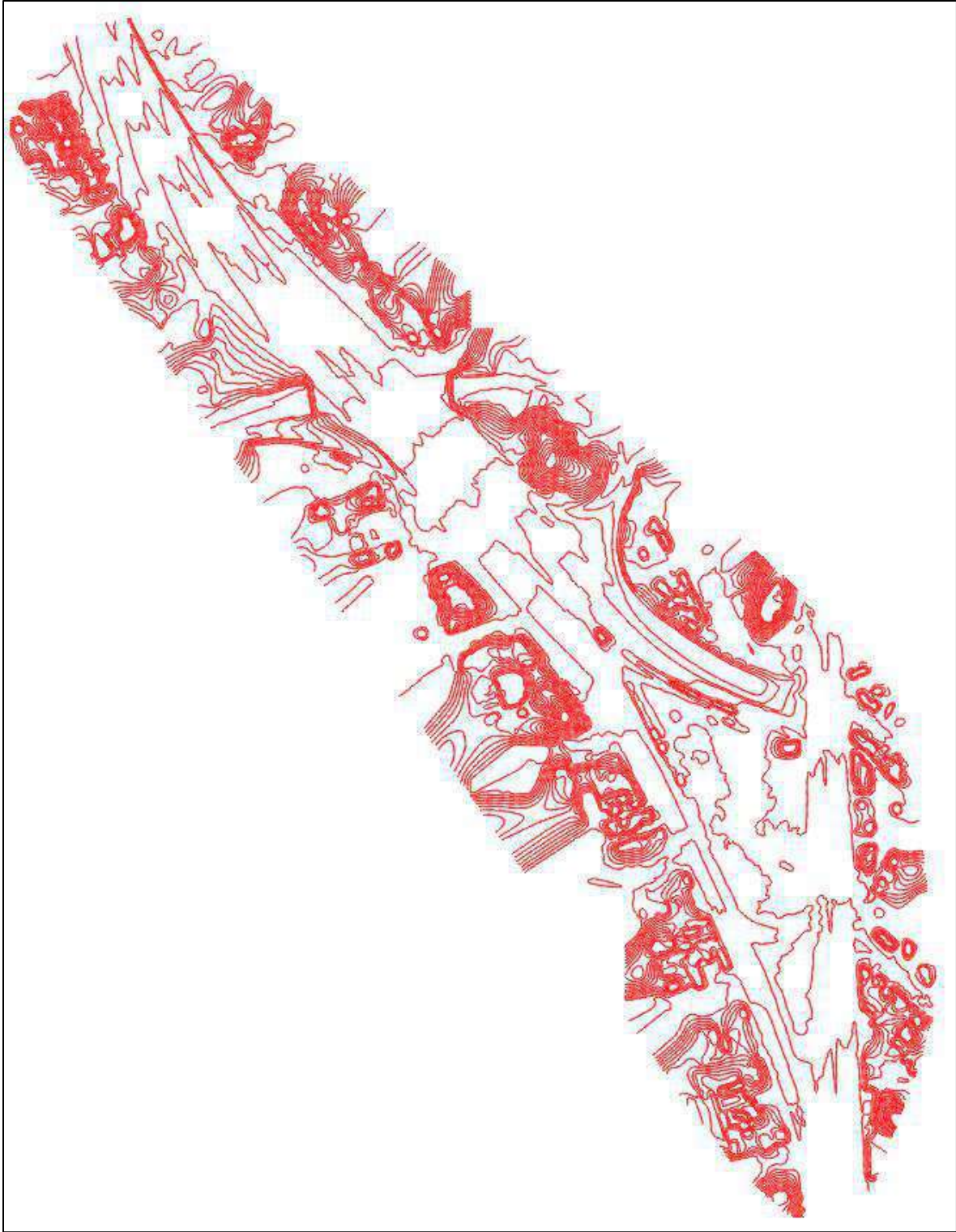


Figura 113: Curvas de nivel obtenido por Pix4D. Fuente: Elaboración propia.

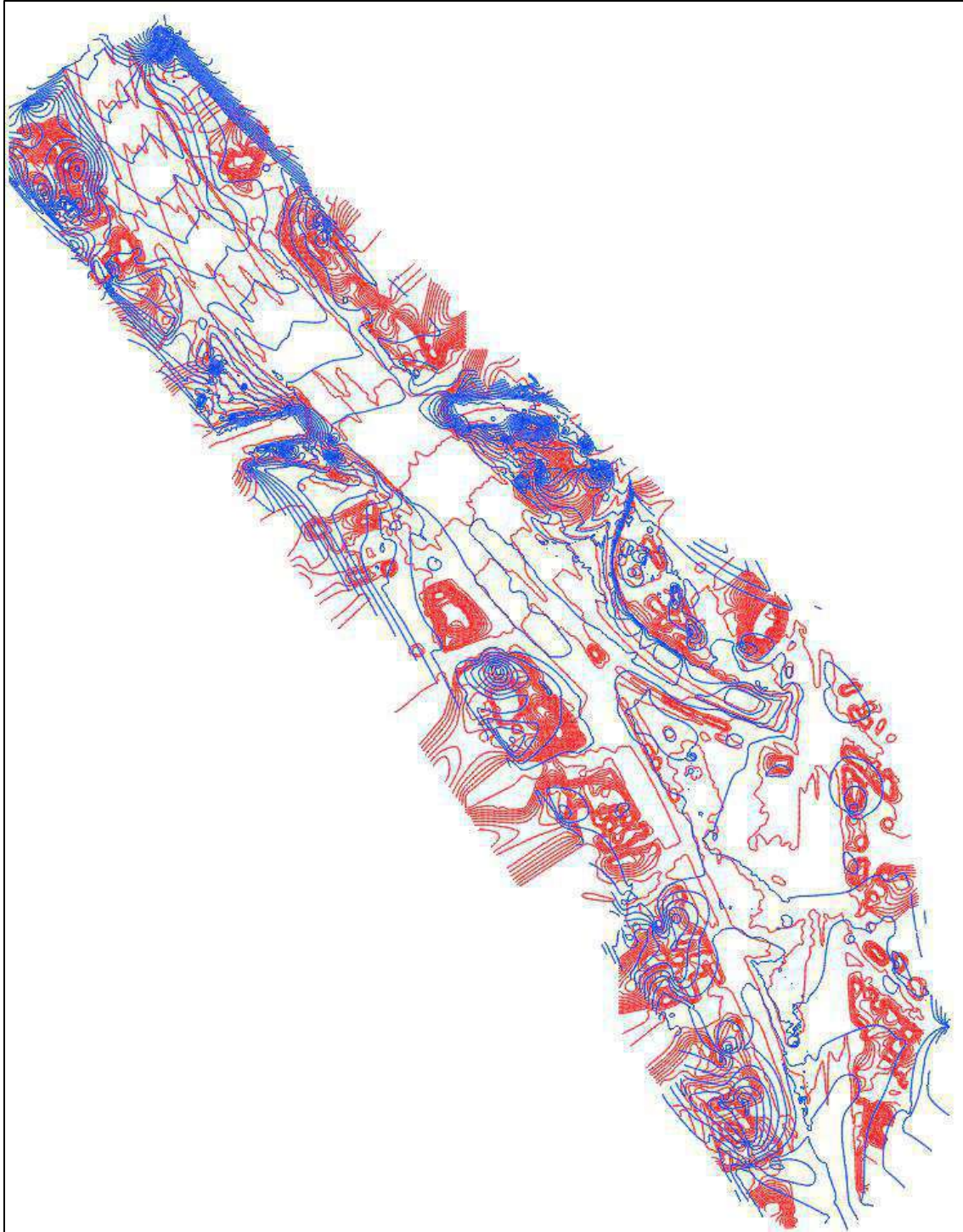


Figura 114: Superposición de las curvas de nivel de ambos programas. Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

A pesar de tener la misma fuente de información el procesamiento de ambos programas ha sido diferentes, con respecto a la posición X, Y, Z; se puede notar con respecto a las elevaciones en las 4 comparativas que Agisoft está un poco más elevado que Pix4d, para saber cuál de los dos se acerca a la verdadera cifra de altura se obtuvo un modelo digital de terreno por parte de especialistas del proyecto donde se aplicó el programa de procesamiento de la marca Bentley por ello, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, Agisoft presenta menor error altimétrico y de posición en espacios urbanizados por ello es adecuado para la obtención de los productos fotogramétricos requeridos de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021.

Cabe añadir que Pix4D no se invalida para trabajos por igual ya que como se observa en las imágenes se tiene mayor detalle en las curvas de nivel por parte de Pix4D esto hace que tenga mejor triangulación al momento de crear la superficie, teniendo este resultado con el tiempo que se procesa es adecuado para entregar un trabajo de calidad.

Planteamiento de hipótesis específica 1

H0: Pix4D es el software adecuado para obtener una ortofoto con mayor calidad del levantamiento fotogramétrico de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021.

H1: Agisoft Metashape es el software adecuado para obtener una ortofoto con mayor calidad del levantamiento fotogramétrico de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021.

Demostración de la hipótesis específica 1

Cada programa se exporto el ortomosaico mostrados en la figura 81 y 105 con respecto a en cada programa; fueron exportados en el formato “tif”, formato que es aceptado por el programa Civil 3D para poder captar diferencias en calidad en zonas de detalle.



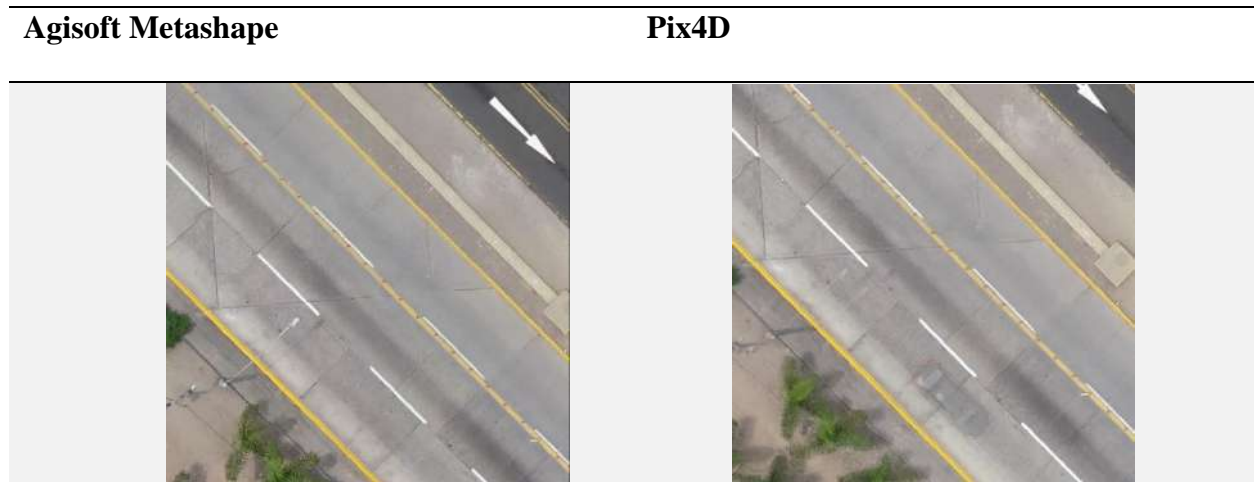
Figura 115. Ortomosaico obtenido por Agisoft Metashape. Fuente: Elaboración propia.



Figura 116. Ortomosaico obtenido por Pix4D. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18

Comparativa 1 de ortomosaico por secciones



Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Comparativa 2 de ortomosaico por secciones



Fuente: Elaboración propia

Tabla 20

Comparativa 3 de ortomosaico por secciones

Agisoft Metashape	Pix4D
	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

Comparativa 4 de ortomosaico por secciones

Agisoft Metashape	Pix4D
	

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

- **Comparativa 1**, se muestra en el cuadro izquierdo perteneciente al software Agisoft Metashape la construcción de la imagen del poste de luz el cual no se encuentra en Pix4D; solo está de manera casi transparente, al igual que el auto en movimiento en donde en Agisoft Metashape no logro capturar
- **Comparativa 2**, con Agisoft Metashape se muestra con realce la pista del metropolitano mostrando solo un carro en movimiento que pudo captar el dron, En Pix4d se muestra 4 autos, pero todos ellos están de manera casi transparente
- **Comparativa 3**, en el cuadro de Agisoft Metashape se logró capturar por partes dos autos, este desprecio hace poder tener más completo la pista, en Pix4D tomo 3 autos y el que está completo esta igual de transparente q los anteriores.
- **Comparativa 4**, el cuadro de Agisoft Metashape, logra captar pequeños detalles como una señal colgada para el peatón, de la misma forma desprecia a las personas en movimiento, caso contrario q esto si los muestra, pero de manera transparente en Pix4D.

Lo importante del ortomosaico es poder representar de manera real en el momento que se desarrolla el vuelo con dron la extensión de proyecto, siendo esta la preposición, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, Agisoft Metashape presenta mayor calidad del terreno en su ortomosaico en comparación que PIX4D que pasa por desapercibido los objetos de menor volumen y vuelve casi transparentes a objetos movimiento, no pudiendo distinguir y obstruyendo la visual del mismo terreno

Planteamiento de hipótesis específica 2

H0: Pix4D es el software que procesa en menor tiempo el levantamiento fotogramétrico de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021.

H1: Agisoft Metashape es el software que procesa en menor tiempo el levantamiento fotogramétrico de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021

Demostración de la hipótesis específica 2

Tabla 22

Comparativa de tiempo entre Agisoft Metashape y Pix4D

Agisoft Metashape	Tiempo: 9 horas 12 min 4s
• Tiempo búsqueda de emparejamientos	12 minutos 17 segundos
• Tiempo de orientación ³	3 minutos 11 segundos
• Tiempo de optimización	6 segundos
• Mapas de profundidad - Parámetros de obtención de mapas de profundidad, tiempo de procesamiento	2 horas 39 minutos
• Nubes de puntos densa - Parámetros de generación de la nube densa Tiempo de procesamiento	2 horas 39 minutos
	36 minutos 43 segundos

<ul style="list-style-type: none"> • Nubes de puntos densa - Parámetros de generación de la nube densa • Modelo - Parámetros de obtención de mapas de profundidad • Modelo - Parámetros de reconstrucción • MDE - Parámetros de reconstrucción • Ortomosaico - Parámetros de reconstrucción 	<p>2 horas 39 minutos</p> <p>1 minuto 5 segundos</p> <p>2 minutos 4 segundos</p> <p>19 minutos 38 segundos</p>
Pix4D	Tiempo: 9 horas 39 min 24s
<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo para la densificación de nubes de puntos • Tiempo para la clasificación de nubes de puntos • Tiempo para la generación de malla texturizada 3D • Tiempo para la generación de DSM • Tiempo para generación ortomosaico • Tiempo para Generación DTM • Tiempo de la generación de curvas de nivel 	<p>1 hora 45 minutos 21 segundos</p> <p>13 minutos 32 segundos</p> <p>3 horas 21 minutos 54 segundos</p> <p>1 hora 2 minutos 32 segundos</p> <p>1 hora 51 minutos 38 segundos</p> <p>1 hora 24 minutos 13 segundos</p> <p>14 segundos</p>

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Como se observa en la tabla el procesamiento en menor tiempo resulto ser por parte de Agisoft Metashape, siendo esta la preposición, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1 Discusión de resultados

En la presente investigación se hace una comparativa de los resultados con otras investigaciones similares, distinguiendo las variables consideradas o su respectiva relación, haciendo énfasis en la compatibilidad o diferencias con los antecedentes y fuentes teóricas citadas en esta investigación.

- De la hipótesis general se establece que el software Agisoft es el adecuado en cuanto al producto de la ortofoto siendo compatible con la tesis de Omar Christian Quispe Enriquez (2016). “*Propuesta metodológica para la generación de ortofotomapas desde imágenes aéreas obtenidas con microdron – multirotor, área de estudio: playas distrito de Barranco, Lima-Perú*” y para la obtención de los otros productos fotogramétricos requeridos de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021. Este resultado es compatible por lo presentado por Sergio Figueras Sánchez (2018)
- En la presente investigación demostró con respecto a los objetivos específicos el software Agisoft Metashape procesó en menor tiempo el levantamiento al igual que tuvo una mayor calidad en el ortomosaico, resultado que se propone una similitud con los resultados de Gabriel Alexander Costales Acurio. (2018) proyecto previo a la obtención de título de ingeniero ambiental “Análisis comparativo entre los softwares de prueba Agisoft photoscan y Pix4D para el procesamiento de datos obtenidos con fotogrametría de vehículo aéreo no tripulado (UAV) de bajo costo aplicado a proyectos de medio

ambiente”, donde los resultados fueron con respecto al tiempo de procesamiento Agisoft fue 3.3 veces mayor que Pix4D en el vuelo de los terrenos y 2.4 veces mayor para el vuelo de la cantera, a nivel del ortomosaico ambos presentan buena nitidez y detalle de imagen.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

De las descripciones y gráficos realizados se puede afirmar que:

- Todos los productos obtenidos por la fotogrametría son importantes, el más relevante que nos permitirá tener una data de altura y ubicación y posteriores modificaciones en nivel de información es el MDT exportado en Civil3d, por ello el software adecuado que presenta menos error en altura y posición fue el Agisoft Metashape, por ello es adecuado para uso en zonas urbanas y por ende para el estudio de estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021.
- Con respecto a la calidad del ortomosaico el software Agisoft Metashape logra representar y modelar la zona de estudio incluyendo objetos de pequeño volumen y con respecto a objetos en movimiento solo logra representarlo en una posición en el tiempo dando mayor enfoque al terreno de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021.
- Agisoft Metashape es el software que procesó en menor tiempo el levantamiento fotogramétrico de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021, teniendo menor tiempo por solo 27 minutos y 20 segundos menos de diferencia que Pix4D

- La eficiencia que se logró en el levantamiento fotogramétrico de la estación del metropolitano Plaza de Flores e intersección de sus vías - Barranco - Lima, 2021 para formar la nube de puntos a partir de las fotos tomadas por el dron y posterior a ello obtener sus curvas de niveles lo realizo con mayor notoriedad Pix4D

6.2 Recomendaciones

De acuerdo a los resultados presentados en esta investigación, recomiendo a los ingenieros, topógrafos y profesionales de las ciencias geográficas en la elaboración de proyectos de fotogrametría en zonas urbanas los siguiente:

- A pesar de obtener menor tiempo en proceso de obtención de ortomosaico y mayor calidad en este usando Agisoft Metashape, el producto importante es el MDT es por ello que se recomienda usar el Pix4D, teniendo en cuenta que solo se tendría una demora de 30 minutos aproximadamente y que el ortomosaico es usado de manera referencial en presentación de planos.
- En caso solo se tenga el Agisoft o sea exigido como programa de fotogrametría por parte del cliente se deberá poner mayores puntos de control y tener más puntos de paso mejor distribuidos en la zona de estudio
- Con respecto a los equipos de procesamiento es recomendable que para trabajos grandes se tenga capacidades mayores para mejor eficiencia del trabajo debido al manejo y almacenamiento del proyecto
- La obtención del ortomosaico es una de las etapas finales en el uso de los softwares, pero se puede optar por programas que solo sacan ese producto por si solo como el programa Global Mapper obteniendo incluso la misma calidad y menor peso de archivo

REFERENCIAS

7.1 Fuentes Documentales

Resolución Jefatural N°057-2016/IGN/UCCN Surquillo, 10 de junio de 2016. Norma técnica para Levantamientos Geodésicos Verticales

Resolución Jefatural N°139-2015/IGN/UCCN Surquillo, 26 de diciembre de 2015. Norma técnica para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global.

7.2 Fuentes Bibliográficas

Rufo Wiston Pari Rendon, Fredy Diogenes Sedano Mateo (2019). *Análisis, desarrollo y comparación de un levantamiento fotogramétrico realizado con un RPA frente a un levantamiento topográfico convencional realizado con GNSS - Mina Barrick, 2018* (Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil) Universidad Privada del Norte.

Sergio Figueras Sánchez. (2018). *La integración de nubes de puntos generados a partir de técnicas de fotogrametría aérea por multicorrelación de zonas urbanizadas* (trabajo fin de máster). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España

Edgar Felipe Tarazona Bran. (2017). *Análisis de un método que permita el estudio geológico de afloramientos inaccesibles* (tesis de grado) Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

Gabriel Alexander Costales Acurio. (2018). *Análisis comparativo entre los softwares de prueba Agisoft photoscan y Pix4D para el procesamiento de datos obtenidos con fotogrametría de vehículo aéreo no tripulado (UAV)*

Omar Christian Quispe Enriquez (2016). *Propuesta metodológica para la generación de ortofotomapas desde imágenes aéreas obtenidas con microdron – multirrotor, área de estudio: playas distrito de Barranco, Lima-Perú* (tesis para optar el título profesional de ingeniero geógrafo) Universidad Nacional Mayor San Marcos, Lima, Perú

Carlos Rodny Alvarado Calderón (2020). *Análisis de la precisión entre los levantamientos aerofotogramétricos realizado con el dron ebee plus y topográfico realizado con el GPS diferencial en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan Huánuco – 2019* (tesis para optar el título profesional de ingeniero civil) Universidad Nacional Hermilio Valdizan Huánuco, Huánuco, Perú

Yort Eli Flores Ramírez, Hildemaro Díaz Soria (2020). *Comparación de postproceso entre el software Pix4D y Agisoft Metashape de un levantamiento topográfico con RPAS* (trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Civil) Universidad Peruana Unión, Lima, Perú

7.3 Fuentes Electrónicas

Página web de ACRE: <https://grupoacre.pe/>

Página web de T&S: <https://grupots.com/>

ANEXOS

Anexo 1. Especificaciones técnicas Leica GPS ATX1230GG

Leica GPS1200+ Especificaciones técnicas y características del sistema



Receptores GPS1200+	GX1230+ GNSS/ ATX1230+ GNSS	GX1220+ GNSS	GX1230+	GX1220+	GX1210+
GNSS technology	SmartTrack+	SmartTrack+	SmartTrack	SmartTrack	SmartTrack
Type	Triple frecuencia	Triple frecuencia	Doble frecuencia	Doble frecuencia	Monofrecuencia
Channels	120 canales L1/L2/L5 GPS L1/L2 GLONASS E1/E5a/ E5b/ Alt-BOC Galileo Compass ¹ 4 SBAS	120 canales L1/L2/L5 GPS L1/L2 GLONASS E1/E5a/ E5b/ Alt-BOC Galileo Compass ¹ 4 SBAS (con opción DGPS)	16 L1 + 16 L2 GPS 4 SBAS	16 L1 + 16 L2 GPS 4 SBAS (con opción DGPS)	16 L1 GPS 4 SBAS (con opción DGPS)
Ampliado a					
GX1230+ GNSS	-	Si	Si	Si	Si
RTK	SmartCheck+	No	SmartCheck	No	No
Indicadores de estado	3 indicadores LED (GX1200+); para alimentación, seguimiento, memoria				

Receptores GPS1200+	GX1230+ (GNSS)/ GX1220+ (GNSS)	GX1210+	ATX1230+ GNSS
Puertos	1 puerto de alimentación, 3 puertos seriales, 1 puerto de controlador, 1 puerto de antena		1 puerto alimentación/controlador, Puerto de tecnología inalámbrica Bluetooth SM
Tensión de alimentación, Nominal	12 VCC		Nominal 12 VCC
Consumo	receptor 4,6 W + controlador + antena		1,8 W
Entradas y PPS	Opcional: 1 puerto de salida PPS 2 puertos de entrada	Opcional: 1 puerto de salida PPS	
Antena estándar	SmartTrack+ AXI203+ GNSS	SmartTrack AXI201	SmartTrack+ ATX1230+ GNSS
Plano de tierra integrado	Plano de tierra integrado	Plano de tierra integrado	Plano de tierra integrado

Lo siguiente es aplicable a todos los receptores excepto en lo señalado.









Fuente de alimentación	Dos baterías ion-litio 4,4 Ah/7,4 V en interior del receptor. Una ion-litio 2,2 Ah/7,4 V insertada en ATX1230+ GNSS y RXI250.
Baterías ion-Li insertables	Alimentan receptor + controlador + antena SmartTrack durante 17 horas (para registro de datos).
Lo mismo para GNSS y TPS	Alimentan receptor + controlador + antena SmartTrack + radiomódem de baja potencia o teléfono durante 11 horas (para RTK/DGPS). Alimenta SmartAntenna + controlador RXI250 durante unas 6 horas (para RTK/DGPS).
Alimentación externa	Entrada de alimentación externa 10,5 V a 28 V.
Pesos	Receptor 1,20 kg, Controlador 0,48 kg (RXI210) y 0,75 kg (RXI250), Antena SmartTrack 0,44 kg, SmartAntenna 1,12 kg, Batería ion-Li insertable 0,11 kg (2,2 Ah) y 0,2 kg (4,4 Ah). Bastón de fibra de carbono con antena SmartTrack y controlador RXI210: 1,80 kg. Todo en bastón: bastón de fibra de carbono con SmartAntenna, controlador RXI250 y baterías insertables: 2,74 kg.

Temperatura	Funcionamiento: Receptor -40°C hasta +65°C ISO9022 Antenas -40°C hasta +20°C MIL-STD-810F Controladores -30°C hasta +65°C Controlador RXI250c -30°C hasta +50°C Almacenamiento: Receptor -40°C hasta +80°C Antenas -55°C hasta +85°C Controladores -40°C hasta +80°C Controlador RXI250c -40°C hasta +80°C
Humedad	Receptor, antenas y controladores ISO9022, MIL-STD-810F hasta 100% humedad.
Protección contra agua, polvo y arena	Receptor, antenas y controladores: Resistente al agua a inmersión temporal de 1 m. IP67, MIL-STD-810F Hermético al polvo
Choque/Caída contra superficie dura	Receptor: resiste la caída de 1 m contra una superficie dura. Antenas: resiste la caída de 1 m sobre una superficie dura.
Dejar caer bastón	Receptor, antenas y controladores: resisten la caída si se viene abajo el bastón.
Vibraciones	Receptor, antenas y controladores: ISO9022 Aguantan vibraciones sobre grandes máquinas MIL-STD-810F de construcción. Sin pérdidas de señal.

¹La señal Compass no está terminada aún; sin embargo, los receptores GPS1200+ han captado las señales test en un entorno de prueba. Dado que pueden producirse cambios en la estructura de la señal, Leica Geosystems no puede garantizar la total compatibilidad con Compass.

SmartTrack+ Tecnología GNSS avanzada de medición	El tiempo necesario para adquirir todos los satélites después del encendido: normalmente unos 50 seg. Readquisición de satélites tras pérdida de señal (p. ej. al atravesar un túnel): normalmente con 1 seg. Muy elevada sensibilidad: adquiere más del 99 % de las observaciones posibles sobre una elevación de 10 grados. Nivel de ruido muy bajo. Seguimiento resistente. Sigue señales débiles con muy poca elevación y en condiciones adversas. Mitigación del multipath. Resistente las interferencias. Precisión de medición: Fase portadora en L1: 0.2 mm emc. En L2: 0.2 mm emc. Código (pseudodistancia) en L1 y L2: 20 mm emc. Inicialización normalmente 8 segundos.	Controladores RX1210/RX1250	Pantalla 1/4 VGA de alto contraste con opción de color (RX1250) Pantalla táctil, 11 líneas x 32 caracteres. Windows CE 5.0 en RX1250. Teclado QWERTY totalmente alfanumérico. Teclas de función y teclas definibles por el usuario. Iluminación para pantalla y teclas. También puede utilizarse con TPS1200+ para entrada alfanumérica y codificación extensa.
SmartCheck+ Tecnología RTK avanzada de largo alcance	Intervalo de actualización de posición seleccionable hasta 20 Hz. Latencia < 0,03 s. Alcance 40 km o más en condiciones favorables. Autocomprobación.	Funcionamiento con controlador Lo mismo para GNSS y TPS	Mediante teclado y/o a través de pantalla táctil. Concepto de funcionamiento gráfico. Teclas de función y teclas definibles por el usuario. Se muestra toda la información.
Precisiones	Cinématico Horizontal: 10 mm + 1 ppm Vertical: 20 mm + 1 ppm Estático (ISO 17123-8) Horizontal: 5 mm + 0.5 ppm Vertical: 10 mm + 0.5 ppm Fiabilidad: 99,99 % para líneas base de hasta 40 km. Formatos compatibles para la transmisión y la recepción: Leica propietario (Leica, Leica 4G), OMR, CMR+, RTCM V2.1/2.2/2.3/3.0/3.1.	Información mostrada	Toda la información mostrada: estado, seguimiento, registro de datos, base de datos, RTK, DGPS, navegación, levantamiento, replanteo, calidad, cronómetro, alimentación, coordenadas geográficas, cartesianas, cuadrícula, etc.
Redes de estaciones de referencia	Móvil RTK totalmente compatible con redes de estaciones de referencia de formatos de Leica Spider I-MAX & MAX, VRS y Corrección de área (FKP).	Pantalla gráfica de levantamiento Lo mismo para GNSS y TPS	Pantalla gráfica (plano) de levantamiento. Acercamientos. Puede accederse a puntos levantados directamente por la pantalla táctil.
DGPS GX1230+ (GNSS), ATX1230+ GNSS, GX1220+ (GNSS) – estándar GX1210+ – opcional	DGPS. Incluye soporte de MSAS, WAAS, EGNOS y GAGAN. Los formatos RTCM V2.1/2.2/2.3/3.0/3.1. soportados para transmisión y recepción. Emc línea base: normalmente 25 cm emc con la estación de referencia adecuada.	Pantalla replanteo Lo mismo para GNSS y TPS	Gráfico con zoom. Digital, polar y ortométrico. Precisión: 10 mm + 1 ppm a 20 Hz (0,05 seg.) actualización. Sin degradación por intervalos altos de actualización.
Intervalo actualización posición y latencia	Aplicable a RTK, DGPS y posiciones de navegación. Intervalo de actualización seleccionable desde 0,05 seg (20 Hz) hasta 1 seg. Latencia menor de 0,03 seg.	Funcionamiento sin controlador Solo GX1200+	Encendido automático. Indicador de estado LED. Para estaciones de referencia y mediciones estáticas.
Salida NMEA	NMEA 0183 V3.00 y Leica propietario.	Registro de datos Las mismas tarjetas se usan para GNSS y TPS	En tarjetas CompactFlash: 256 MB y 1 GB. Memoria interna del receptor (opcional): 256 MB.
Post-proceso con el software Leica Geo Office	Horizontal: 10 mm + 1 ppm, cinemático Vertical: 20 mm + 1 ppm, cinemático	Capacidad	64 Mb suficiente para (30 % menos para GPS/GLONASS): Aprox. 500 horas de registro de datos L1 + L2 a intervalos de 15 seg. Aprox. 2 000 horas de registro de datos L1 + L2 a intervalos de 60 seg. Aprox. 90 000 puntos RTK con códigos.
Todos los receptores GPS1200+	Horizontal: 5 mm + 0.5 ppm, estático Vertical: 10 mm + 0.5 ppm, estático Para líneas largas con observaciones largas Horizontal: 3 mm + 0.5 ppm, estático Vertical: 6 mm + 0.5 ppm, estático	Gestión de datos Lo mismo para GNSS y TPS	Gestión de trabajo definible por el usuario. Identificadores de punto, coordenadas, códigos, atributos, etc. Rutinas de búsqueda, filtrado y visualización. Promedio multipuntos. Cinco tipos de sistemas de codificación que cubren todos los requisitos.
Notas sobre funcionamiento y precisiones	Las figuras ofrecidas son para condiciones de normales a favorables. El funcionamiento y las precisiones pueden variar dependiendo del número de satélites, geometría de satélites, hora de observación, efemérides, ionosfera, multipath etc.	Sistemas de coordenadas Lo mismo para GNSS y TPS	Elipsoides, proyecciones, modelos geoidales, coordenadas, transformaciones, parámetros de transformación, sistemas de coordenadas específicos del país. Soporta RTCM 3.1 transferencia sistemas de coordenadas
		Programas de aplicación Lo mismo para GNSS que TPS	Estándar: todas las funciones de COGO. Punto oculto. Opcional: Avance; línea de referencia, Replanteo MDI, Plano de referencia, División de área y Levantamiento de sección X. Exportación DXF. Exportación LandXML y Cálculos de volumen
		Programable Lo mismo para GNSS y TPS	Programable por el usuario en GeoCH+. Los usuarios pueden escribir y cargar programas para sus propios requisitos y aplicaciones especiales.
		Comunicación Enlaces de datos	Se puede conectar uno o dos de los siguientes dispositivos: radiomódem, GSM, GPRS, CDMA. Se puede recibir o transmitir en diferentes frecuencias y/o formatos. Soporta Time slicing.

Anexo 2. Ficha de la estación de rastreo permanente LI01

	INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO	
FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS DE RASTREO PERMANENTE		
0. DATOS GENERALES:		
Preparado por:	Departamento de Procesamiento Geodésico	
Realizado:	1 de julio de 2019	
Versión:	3.0.0	
1. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS:		
Nombre:	Surquillo	
Código Nacional:	LI01	
Código Internacional:	42203M001	
Inscripción:	Placa de bronce	
Orden de la estación:	"0"	
Fecha de monumentación:	Junio de 2008	
2. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:		
Departamento:	Lima	
Provincia:	Lima	
Distrito:	Surquillo	
Ubicación de la estación:	Instituto Geográfico Nacional	
		
	CROQUIS DE UBICACIÓN	
		
FECHA: 31/07/2019 15:06 COMPROBANTE DE PAGO ELECTRÓNICO: F301-004621		LI01 1 4



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



3. COORDENADAS DE LA ESTACIÓN:

Sistema de referencia: GRS80 / WGS84	Marco de referencia: ITRF2000
--------------------------------------	-------------------------------

3.1. GEODÉSICAS:

Latitud (S)	Longitud (O)
12° 06' 10. 85940"	77° 01' 00. 98207"
Altura Elipsoidal (m)	Factor de escala combinado
157.6644	1.000195938388

3.2. CARTESIANAS

X (m)	Y (m)	Z (m)
1401321.1537	-6077986.5287	-1328580.3866

3.3. UTM

Este (m)	Norte (m)
280479.8970	8661244.5893
Zona: 18 Sur	

4. INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS

4.1. RECEPTOR:

Modelo: NET R9 TRIMBLE, Doble frecuencia
N° de serie: 5647R50510
Versión del firmware: 5.30
Fecha de instalación: 8 de junio de 2017
Ubicación del receptor: El receptor está instalado en la Sala de Servidores de la mencionada institución.

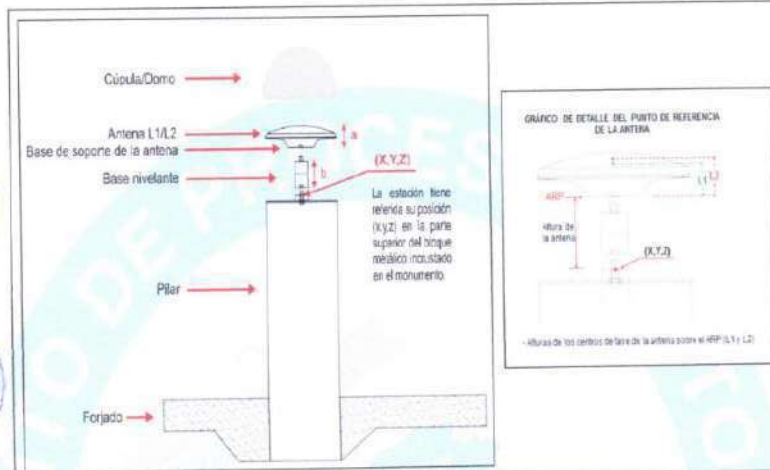
4.2. ANTENA:

Modelo: Zephyr Geodetic Model 3 (L1,L2) Trimble
N° de serie: 1440921021
Cubierta protectora: con domo
Medición de la antena: ARP
Altura de la antena: 0.0750 m
Fecha de instalación: 8 de junio de 2017
Ubicación de la antena: La antena está instalada sobre un monumento de concreto de 1.34 m de alto, 30 cm x 51 cm de ancho de color blanco, ubicada en el techo del museo del Instituto Geográfico Nacional.



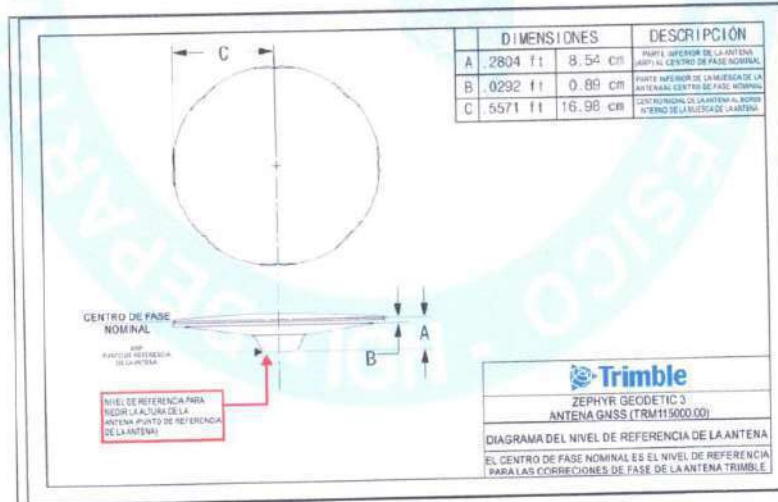
5. ESQUEMA DE LA ESTACIÓN

5.1. ESQUEMA DE ALTURA DE LA ANTENA



a = 8.54 cm	Distancia de compensación del centro de fase. (Phase Center Offset)
b = 7.50 cm	Distancia entre la base de soporte de la antena y el límite superior del bloque metálico incrustado en el monumento.

5.2. DIMENSIONES DE LA ANTENA





**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



6. INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESAMIENTO

Área de mantenimiento: DPG
Área de control: DPG
Área de procesamiento: DPG
Observables: L1, L2, C1, P2
Intervalo de registro: 5 seg
Máscara de elevación: 5°
Archivo diario: 24 HRS
Formato de archivo nativo: *T02
Datos para el procesamiento: 27 de mayo al 9 de junio de 2019
Tipo de órbita: Efemérides precisas finales
Archivo procesado: Rinex 2.11
Software de procesamiento: Gamit / Globk V 10.7
Procesador y analista GNSS: Mario César Mendoza Del Aguila
Revisado por: CAP. EP. Rogger Montoya Monroy

7. CONTACTOS

Oficina: Departamento de Procesamiento Geodésico
Dirección: Av. Andrés Aramburú 1184, Surquillo, Lima 34, Perú
Teléfono: 4759960 / 4753030 Anexo 120
Correo: cpg@ign.gob.pe / cpg.ign@hotmail.com
Web site: http://209.45.65.186/rastreo_permanente

Anexo 3. Certificado de operatividad N° Serie: 471037 y N° Serie: 457093



- when it has to be right

Leica Geosystems Certificado de Calibración Blue

Certificado de Calibración "Blue" sin valores de medición, emitido por un Centro de Servicio Técnico autorizado.

Producto	GX1230 GG, Receptor-RTK GPS, GLONA	N° de Certificado	471037-03112020
N° Artículo	747956	Fecha Inspección	03.11.2020
N° Serie	471037	N° de pedido	501266318
N° de Equipo	1736294	N° de PO	-
Emitido por	Servicio Técnico Autorizado Leica Geosystems, s.l. Barcelona España	Solicitado por	Leica Geosystems, s.l. Barcelona España
		Ciente	Leica Geosystems, s.l. Barcelona España

Conformidad
El Certificado de Calibración "Blue" sin valores de medición, emitido por un Centro de Servicio Técnico autorizado, corresponde con el Certificado O de Inspección del Fabricante, de acuerdo con la DIN 55 350 Parte 18-4.2.1.

Certificado
Por la presente, certificamos que el producto descrito ha sido testado y cumple con las especificaciones del producto. El equipo patrón utilizado para el test tiene trazabilidad con los estándares nacionales o con procedimientos reconocidos. Así lo establece nuestro Sistema de Calidad, auditado y certificado ISO 9001.



Leica Geosystems, s.l.

03.11.2020



Javier Navarro
Operations manager



Javier Carbonero Maman
Manager Technical Services

N° de Certificado 471037-03112020
N° Artículo 747956
Este Certificado no puede ser reproducido parcial ni en su totalidad, sin previa aprobación escrita de la entidad emisora.

Leica Geosystems AG
Heinrich-Wild-Strasse
9435 Heerbrugg
Switzerland
Teléfono +41 71 / 727 31 31
www.leica-geosystems.com

- when it has to be right



Leica Geosystems Certificado de Calibración Blue

Certificado de Calibración "Blue" sin valores de medición, emitido por un Centro de Servicio Técnico autorizado.

Producto	GX1230 GG, Receptor-RTK GPS	Nº de Certificado	457093-03112020
Nº Artículo	747982	Fecha Inspección	03.11.2020
Nº Serie	457093	Nº de pedido	501266320
Nº de Equipo	1736272	Nº de PO	.
Emitido por	Servicio Técnico Autorizado Leica Geosystems, s.l. Barcelona España	Solicitado por	Leica Geosystems, s.l. Barcelona España
		Cliente	Leica Geosystems, s.l. Barcelona España

Conformidad

El Certificado de Calibración "Blue" sin valores de medición, emitido por un Centro de Servicio Técnico autorizado, corresponde con el Certificado O de Inspección del Fabricante, de acuerdo con la DIN 55 350 Parte 18-4.2.1.

Certificado


Por la presente, certificamos que el producto descrito ha sido testeado y cumple con las especificaciones del producto. El equipo patrón utilizado para el test tiene trazabilidad con los estándares nacionales o con procedimientos reconocidos. Así lo establece nuestro Sistema de Calidad, auditado y certificado ISO 9001.



Leica Geosystems, s.l.

03.11.2020




Javier Navarro
Operations manager


Javier Carbonero Maman
Manager Technical Services

Nº de Certificado 457093-03112020

Nº Artículo 747982

Este Certificado no puede ser reproducido parcial ni en su totalidad, sin previa aprobación escrita de la entidad emisora.

Leica Geosystems AG
Henrich-Wild-Strasse
9435 Heerbrugg
Switzerland
Teléfono +41 71 / 727 31 31
www.leica-geosystems.com

Anexo 4. Ficha monográfica FLOR-001

NOMBRE FLOR-001	CODIGO FLOR-001	LOCALIDAD MIRAFLORES	ESTABLECIDA POR: CPS INFRAESTRUCTURA, MOVILIDAD Y MEDIO AMBIENTE	
UBICACIÓN: LIMA			CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA: FIERRO DE Ø1/2	
LATITUD (S) WGS-84 12° 08' 10.11720" S	LONGITUD (W) WGS-84 77° 01' 06.41902" W	NORTE (N) WGS-84 8,657,578.1182	ESTE (E) WGS-84 280,342.5810	
ALTURA ELIPSOIDAL 102.4470 m		ELEVACIÓN (EGM-08) 78.8513	ZONA UTM 18 SUR	
ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO "C"				
CROQUIS TOPOGRÁFICO			IMAGEN DE RASTREO DE ANTENA	
			IMAGEN DEL DISCO	
DESCRIPCIÓN				
<p>El Punto FLOR-001 Se encuentra situado Dentro del Previo donde se realizo el estudio topografico ubicado en la Via Expresa Paseo la Republica Barranco 15063 en el Departamento de Limá, Distrito de Miraflores, monumentado con fierro de Ø1/2.</p>				

Anexo 5. Ficha monográfica FLOR-002

NOMBRE FLOR-002	CODIGO FLOR-002	LOCALIDAD MIRAFLORES	ESTABLECIDA POR: GLOBAL SURVEY INTERNATIONAL COMPANY SAC.	
UBICACIÓN: LIMA		CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA: FIERRO DE Ø1/2		
LATITUD (S) WGS-84 12° 08' 13.70983" S	LONGITUD (W) WGS-84 77° 01' 05.42266" W	NORTE (N) WGS-84 8,657,467.9260	ESTE (E) WGS-84 280,373.5297	
ALTURA ELIPSOIDAL 102.4470 m		ELEVACIÓN (EGM-08) 78.7279	ZONA UTM 18 SUR	
ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO "C"				
CROQUIS TOPOGRÁFICO		IMAGEN DE RASTREO DE ANTENA		
DESCRIPCIÓN		IMAGEN DEL DISCO		
<p>El Punto FLOR-002 se encuentra situado el retorno de la Av Jiron Rosendo Viduaurre con Av Republica De Panama en el departamento de de Lima, Distrito De Miraflores monumentalado con fierro de Ø1/2.</p>				

Anexo 6. Reporte FLOR-001

Leica Geosystems AG
 Heinrich Wyle Strasse
 CH-8435 Heerbrugg
 St. Gallen, Switzerland

Phone: + 41 71 727 3131
 Fax: + 41 71 727 4674

- when it has to be right



GNSS Processing Report

Report created: 22/02/2021 09:22:17

Project Details

General		Customer Details		Master Coordinate System	
Project Name:	PUNTOS - ESTACION DEL METROPOLITANO PLAZA FLORES	Customer Name:	GPS PERU	Coordinate System Name:	WGS84 UTM18S EGM08
Owner:	GLOBAL SURVEY INTERNATIONAL COMPANY SAC	Contact Person:	-	Transformation Type:	None
Lead Surveyor:	-	Number:	-	Residual Distribution:	None
Date Created:	16/02/2021 13:43:28	Email:	-	Ellipsoid:	WGS84
Last Accessed:	22/02/2021 09:21:43	Skype:	-	Projection Type:	UTM
Application Software:	Infinity 3.0	Website:	-	Soid Model:	Peru_EGM08_2
		CSCS Model:	-		
Path:	C:\Users\ESTACION_02\Documents\Leica Geosystem\Infinity\Projects\PUNTOS - ESTACION DEL METROPOLITANO PLAZA FLORES\PUNTO 5 - ESTACION DEL METROPOLITANO PLAZA FLORES.ipj...				
Size:	43.4 MB				
Comments:	-				

Baseline LI01 - FLOR001

Processing Parameters (12/02/2021 10:15:02 - 12/02/2021 13:13:23)

Data	Selected	Used	Comments
Cut-Off Angle:	10°	10°	
Frequency:	Automatic	L1/L2	
Sampling Rate:	Use All	5.00 sec	
Satellite System:	GPS/GLONASS/Galileo/Belidou	GPS/GLONASS	
Ephemeris Type:	Precise	Precise	No GLONASS precise ephemeris available, switched to broadcast ephemeris.
Antenna Calibration Set:	NGS Absolute	NGS Absolute	
Processing Strategy			
Solution Type:	Phase Fixed	Phase Fixed	
Solution Optimisation:	Automatic	None	
Frequency to Use in Ionospheric Model:	Automatic	Automatic	
Tropospheric Model:	VMF with GPT2 model	VMF with GPT2 model	
Ionospheric Model:	Automatic	Computed	
Allow WideLane Fix:	Automatic	Automatic	
General Settings			
Min. Distance for Ionospheric Model:	15 km		
Possible Ambiguities Fix (p.p.t):	300 km		
Min. Duration for Float Solution (static):	00:05:00		

Results Baseline: LI01 - FLOR001

Acquisition

Start Time - End Time: 12/02/2021 10:15:02 - 12/02/2021 13:13:23
 Duration: 02:58:20

Antennas

	Reference - LI01	Rover - FLOR001
Receiver Name / SN:	TRIMBLE NETR9 / 5647RS0510	LEICA GX1230GG / 471037
Antenna Name / SN:	TRM115000.00 TZGD / 40921021	LEIAX1202GG / -
Carrier Offset:	-	0.3600 m
Height Reading:	0.0750 m	1.0710 m
Antenna Height:	0.0750 m	1.4310 m

Coordinates

	Reference - LI01	Rover - FLOR001		Reference - LI01	Rover - FLOR001
Point Role:	Control	Fixed PP			
WGS84 Latitude:	12° 06' 10.85940" S	12° 08' 10.11720" S	Eastings:	280,479,8969 m	280,342,5810 m
WGS84 Longitude:	77° 01' 00.98207" W	77° 01' 06.41902" W	Northings:	8,661,244,5892 m	8,657,578,1182 m
WGS84 Ellip. Height:	157.6644 m	102.4470 m	Ortho. Height:	134.0230 m	79.0827 m
WGS84 Cartesian X:	1,401,321,1537 m	1,400,975,9762 m			
WGS84 Cartesian Y:	-6,077,986,5286 m	-6,077,221,1059 m			
WGS84 Cartesian Z:	-1,328,580,3867 m	-1,332,151,8226 m			

Baseline Vector and Quality - WGS84

ΔLatitude:	-0° 01' 59.25780"	SD ΔLatitude:	0.0000 m
ΔLongitude:	-0° 00' 05.43695"	SD ΔLongitude:	0.0000 m
ΔHeight:	-55.2174 m	SD ΔHeight:	0.0001 m
ΔX:	-345.1775 m	SD ΔX:	0.0000 m
ΔY:	765.4228 m	SD ΔY:	0.0001 m
ΔZ:	-3,571.4360 m	SD ΔZ:	0.0000 m
Slope Dist:	3,668.8110 m	SD Slope Dist.:	0.0000 m

M0:	0.3231 m	CQ 1D:	0.0001 m
Q11:	0.00000002	CQ 2D:	0.0001 m
Q12:	-0.00000001	CQ 3D:	0.0001 m
Q22:	0.00000011		
Q13:	0.00000000		
Q23:	0.00000003		
Q33:	0.00000002		

Frequency:	L1/L2	GDOP:	1.5 - 2.4	GPS SVs:	10/10
Solution Optimisation:	None	PDOP:	1.2 - 1.8	GLONASS SVs:	7/7
Solution Type:	Phase Fixed	HDOP:	0.6 - 0.9	BeiDou SVs:	-
		VDOP:	1.0 - 1.6	Galileo SVs:	-
				QZSS SVs:	-

Ephemeris Type:	
GPS:	Precise
GLONASS:	Broadcast

Processing Info (12/02/2021 10:15:02 - 12/02/2021 13:13:23)

Processed Date/Time: 16/02/2021 13:53:38

Satellites

Satellite System	Used	Manually Disabled
GPS	G01 G03 G04 G08 G10 G16 G20 G21 G22 G23 G26 G27 G31 G32	-
GLONASS	R05 R06 R07 R08 R09 R10 R20 R21 R22	-


SVs Tracked

Anexo 7. Reporte FLOR-002

Leica Geosystems AG
 Heiwich Wild Strasse
 CH-8435 Heerbrunn
 St. Gallen, Switzerland

Phone: + 41 71 727 3131
 Fax: + 41 71 727 4674

- when it has to be right



GNSS Processing Report

Report created: 22/02/2021 09:24:15

Project Details

General	Customer Details	Master Coordinate System
Project Name: PUNTOS - ESTACION DEL METROPOLITANO PLAZA FLORES	Customer Name: CFS PERU	Coordinate System Name: WGS84 UTM18S IGM08
Owner: GLOBAL SURVEY INTERNATIONAL COMPANY SAC	Contact Person: -	Transformation Type: None
Lead Surveyor: -	Number: -	Residual Distribution: None
Date Created: 16/02/2021 13:43:28	Email: -	Ellipsoid: WGS84
Last Accessed: 22/02/2021 09:21:43	Skype: -	Projection Type: UTM
Application Software: Infinity 3.0	Website: -	Geoid Model: Peru_IGM08_2
		CS CS Model: -

Path: C:\Users\ESTACION_02\Documents\Leica Geosystem (Infinity)\Projects\PUNTOS - ESTACION DEL METROPOLITANO PLAZA FLORES,PUNTO S - ESTACION DEL METROPOLITANO PLAZA FLORES.prj...

Size: 48.4 MB

Comments: -

Baseline LI01 - FLOR002

Processing Parameters (12/02/2021 10:42:03 - 12/02/2021 16:04:26)

Data	Selected	Used	Comments
Cut-Off Angle:	10°	10°	
Frequency:	Automatic	L1/L2	
Sampling Rate:	Use All	5.00 sec	
Satellite System:	GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou	GPS	
Ephemeris Type:	Precise	Precise	
Antenna Calibration Set:	IGS Absolute	IGS Absolute	

Processing Strategy			
Solution Type:	Phase Fixed	Phase Fixed	
Solution Optimisation:	Automatic	None	
Frequency to Use in Ionospheric Model:	Automatic	Automatic	
Tropospheric Model:	VMF with GPT2 model	VMF with GPT2 model	
Ionospheric Model:	Automatic	Computed	
Allow WideLanE Fix:	Automatic	Automatic	

General Settings	
Min. Distance for Ionospheric Model:	15 km
Possible Ambiguities Fix Up to:	300 km
Min. Duration for Float Solution (static):	00:05:00

Results Baseline: LI01 - FLOR002

Acquisition

Start Time - End Time: 12/02/2021 10:42:07 - 12/02/2021 16:04:22

Duration: 05:22:15

Antennas

	Reference - LI01	Rover - FLOR002
Receiver Name / SN:	TRIMBLE NETR9 / S647R50510	LEICA GX1230 / 457093
Antenna Name / SN:	TRM115000.00 TZGD / 40921021	LEIAX1202 / -
Carrier Offset:	-	0.3600 m
Height Reading:	0.0750 m	1.1610 m
Antenna Height:	0.0750 m	1.5210 m

Coordinates

	Reference - LI01	Rover - FLOR002		Reference - LI01	Rover - FLOR002
Point Role:	Control	Fixed PP			
WGS84 Latitude:	12° 06' 10.85940" S	12° 08' 13.70983" S	Easting:	280,479.8969 m	280,373.5297 m
WGS84 Longitude:	77° 01' 00.98207" W	77° 01' 05.42266" W	Northing:	8,661,244.5892 m	8,657,467.9260 m
WGS84 Ellip. Height:	157,6644 m	102,3248 m	Ortho. Height:	134,0230 m	78,9646 m
WGS84 Cartesian X:	1,401,321.1537 m	1,401,000.0914 m			
WGS84 Cartesian Y:	-6,077,986.5286 m	-6,077,191.6046 m			
WGS84 Cartesian Z:	-1,328,580.3867 m	-1,332,259.7279 m			

Baseline Vector and Quality - WGS84

ΔLatitude:	-0° 02' 02.85043"	SD ΔLatitude:	0.0000 m
ΔLongitude:	-0° 00' 04.44059"	SD ΔLongitude:	0.0000 m
ΔHeight:	-55.3396 m	SD ΔHeight:	0.0001 m
ΔX:	-321.0623 m	SD ΔX:	0.0000 m
ΔY:	794.9241 m	SD ΔY:	0.0001 m
ΔZ:	-3,679.3413 m	SD ΔZ:	0.0000 m
Slope Dist:	3,777.9012 m	SD Slope Dist.:	0.0000 m

M0:	0.3700 m	CQ 1σ:	0.0001 m
Q11:	0.00000002	CQ 2σ:	0.0001 m
Q12:	-0.00000001	CQ 3σ:	0.0001 m
Q22:	0.00000009		
Q13:	0.00000000		
Q23:	0.00000002		
Q33:	0.00000001		

Frequency:	L1/L2	GDOP:	2.0 - 4.7	GPS SVs:	9/9
Solution Optimisation:	None	PDOP:	1.7 - 3.9	GLONASS SVs:	-
Solution Type:	Phase Fixed	HDOP:	0.8 - 1.7	BeiDou SVs:	-
		VDOP:	1.5 - 3.4	Galileo SVs:	-
				QZSS SVs:	-

Ephemeris Type:
GPS Precise

Processing Info (12/02/2021 10:42:03 - 12/02/2021 16:04:26)



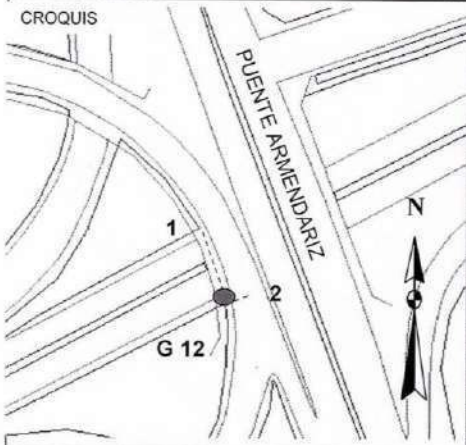

Processed Date/Time: 16/02/2021 13:53:38

Satellites

Satellite System	Used	Manually Disabled
GPS	G01 G03 G04 G07 G08 G09 G10 G16 G17 G19 G21 G22 G26 G27 G32	-

SVs Tracked

Anexo 9. Ficha del IGN BM-G12

 INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL DIRECCION DE GEODESIA			
DESCRIPCION DE MARCA DE COTA FIJA (MCF)			
DEPARTAMENTO: LIMA	CARACTERISTICAS: DISCO DE BRONCE DE 9 CM DE DIAMETRO	DESIGNACION: G 12	
PROVINCIA: LIMA	ESTABLECIDA POR: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL	ELEVACION (M) 72.7894	
LÍNEA: CALLAO-SAN JUAN	CÓDIGO DE HOJA: Plano de Lima Esc. 1/5 000 Hoja N° 26 g	ORDEN: 1 er	
TRAMO: CALLAO-CAÑETE	ESTAMPADO: G 12	DATUM: N.M.M	
CROQUIS 			
DESCRIPCIÓN: La MCF denominada G 12, esta ubicada en el estribo SO del puente Armendáriz, localizado en la quebrada Armendáriz, con coordenadas WGS 84 aproximadas: Norte 8657638, Este 279823, zona UTM 18.			
MARCA DE COTA FIJA Es un disco de bronce de 0.09 m de diámetro, incrustada en el estribo de dicho puente de 19.50 m de largo y al ras de su base.			
REFERENCIAS: 1. Desde el estribo NO, con azimut magnético 171° esta a 21.00 m. 2. Desde el eje de la Av., con azimut magnético 265° esta a 5.80 m.			
El terreno alrededor es urbanizado.			
DESCRITA / RECUPERADA POR: R. OLIVAR Y.	REVISADO: A. ZACARIAS P.	JEFE PROYECTO: CAP. ING. A. JULCA L.	FECHA: MAYO-2010

Anexo 10. Certificado de calibración

TOPOCAD MANTENIMIENTO, REPARACIÓN Y VENTAS DE EQUIPOS TOPOGRÁFICOS.
SERVICIOS GENERALES

N° 301-20

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Equipo: NIVEL ELECTRÓNICO
Marca: LEICA
Modelo: SPRINTER 250M
N° Serie: 2211572
Solicitado por: GLOBAL SIC S.A.C
Especificaciones:
Precisión Lineal: 1.0 mm

RESULTADOS E INCERTIDUMBRE:
Las siguientes medidas angulares son resultado de un promedio de lecturas:

	Anteojo Directo	Error medido	Precisión
Lectura	0.0 mm	0.0 mm.	1.0 mm.

EQUIPO PATRON EMPLEADO:

Equipo	Modelo	Serie
Estación Total LEICA	TS15 P 1"	1669395

Equipo patrón empleado para revisar periódicamente nuestro colimador de cuatro telescopios. El colimador SOUTH es un arreglo de telescopios con retículos enfocados al infinito, el grosor de sus trazos está dentro de la tolerancia de 01"

MÉTODO DE CALIBRACIÓN:
El proceso de medición ha sido realizado conforme al procedimiento DIN18723 (ISO 12857). La calibración se ha realizado en nuestras instalaciones teniendo en cuenta una temperatura de 23°C ± 1° C. Consiste en determinar el cierre angular simulado por el sistema, cuando el colimador se encuentra enfocado al infinito.

TOPOCAD SERVICIOS GENERALES E.I.R.L. en su calidad de Servicio Técnico, certifica que este instrumento ha sido verificado y cumple con las especificaciones que el fabricante determina para el modelo de equipo a que corresponde.

Certificado por 

ING. EDWIN W. RIVERA SANCHA
SUPERVISOR DE SERV. TÉCNICO

Firma y Sello




Fecha de emisión
27 de Octubre del 2020

Fecha de vencimiento
27 de Abril del 2021


Este Certificado no atribuye al equipo otras características que las indicadas por los datos aquí contenidos. Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones.

Correo: serviciotecnico@topocadsg.com
CEL: 991399594 - 958331973
Oficina: Jr. Puerto Esperanza 520 – San Martín de Porres.- Lima

Anexo 11. Descripción monográfica del CL-02


NOMBRE CI-02	CÓDIGO CI-02	LOCALIDAD SAN BORJA NORTE	ESTABLECIDA POR: GLOBAL SURVEY INTERNATIONAL COMPANY SAC.	
UBICACIÓN: LIMA			CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA: FIERRO DE Ø1/2	
LATITUD (S) WGS-84 12° 05' 38.70852" S	LONGITUD (W) WGS-84 77° 00' 35.97451" W	NORTE (N) WGS-84 8,662,238.2799	ESTE (E) WGS-84 281,228.9636	
ALTURA ELIPSOIDAL 168.0786		ELEVACIÓN (EGM-08) 144.2747	ZONA UTM 18 SUR	
ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO "C"				
CROQUIS TOPOGRÁFICO			IMAGEN DE RASTREO DE ANTENA	
				
			IMAGEN DEL DISCO	
				

Anexo 12. Reporte de cálculo Geodésico con Base CL-02

Leica Geosystems AG Heinrich Wild Strasse CH-9435 Heerbrugg St. Gallen, Switzerland Phone: + 41 71 727 3131 Fax: + 41 71 727 4674		- when it has to be right																																		
<h1 style="color: red;">GNSS Processing Report</h1>																																				
Report created: 27/02/2021 08:15:08																																				
Project Details																																				
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;">General</td> <td style="width: 33%;">Customer Details</td> <td colspan="2" style="width: 34%;">Master Coordinate System</td> </tr> <tr> <td>Project Name: compr. plaza flores</td> <td>Customer Name: -</td> <td>Coordinate System Name: WGS84 UTM 18 S</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Owner: -</td> <td>Contact Person: -</td> <td>Transformation Type: None</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lead Surveyor: -</td> <td>Number: -</td> <td>Residual Distribution: None</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Date Created: 19/02/2021 08:09:54</td> <td>Email: -</td> <td>Ellipsoid: WGS84</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Last Accessed: 27/02/2021 07:55:17</td> <td>Skype: -</td> <td>Projection Type: UTM</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Application Software: Infinity 3.0</td> <td>Website: -</td> <td>Geoid Model: EGM08</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>CSCS Model: -</td> <td></td> </tr> </table>					General	Customer Details	Master Coordinate System		Project Name: compr. plaza flores	Customer Name: -	Coordinate System Name: WGS84 UTM 18 S		Owner: -	Contact Person: -	Transformation Type: None		Lead Surveyor: -	Number: -	Residual Distribution: None		Date Created: 19/02/2021 08:09:54	Email: -	Ellipsoid: WGS84		Last Accessed: 27/02/2021 07:55:17	Skype: -	Projection Type: UTM		Application Software: Infinity 3.0	Website: -	Geoid Model: EGM08				CSCS Model: -	
General	Customer Details	Master Coordinate System																																		
Project Name: compr. plaza flores	Customer Name: -	Coordinate System Name: WGS84 UTM 18 S																																		
Owner: -	Contact Person: -	Transformation Type: None																																		
Lead Surveyor: -	Number: -	Residual Distribution: None																																		
Date Created: 19/02/2021 08:09:54	Email: -	Ellipsoid: WGS84																																		
Last Accessed: 27/02/2021 07:55:17	Skype: -	Projection Type: UTM																																		
Application Software: Infinity 3.0	Website: -	Geoid Model: EGM08																																		
		CSCS Model: -																																		
Path: C:\Users\JAVIER\Documents\Leica Geosystems\Infinity\Projects\compr. plaza flores\compr. plaza flores.iprj																																				
Size: 14.4 MB																																				
Comments: -																																				
Baseline CL-02 - BM-G12																																				
Processing Parameters (17/02/2021 15:52:41 - 17/02/2021 17:41:46)																																				
Data	Selected	Used	Comments																																	
Cut-Off Angle:	10°	10°																																		
Frequency:	Automatic	L1/L2																																		
Sampling Rate:	Use All	5.00 sec																																		
Satellite System:	GPS/GLONASS/Galileo/Beidou	GPS																																		
Ephemeris Type:	Broadcast	Broadcast																																		
Antenna Calibration Set:	NGS Absolute	NGS Absolute																																		
Processing Strategy																																				
Solution Type:	Phase Fixed	Phase Fixed																																		
Solution Optimisation:	Automatic	None																																		
Frequency to use in Ionospheric Model:	Automatic	Automatic																																		
Tropospheric Model:	VMF with GPT2 model	VMF with GPT2 model																																		
Ionospheric Model:	Automatic	Computed																																		
Allow WideLane Fix:	Automatic	Automatic																																		
General Settings																																				
Min. Distance for Ionospheric Model:	15 km																																			
Possible Ambiguities Fix up to:	300 km																																			
Min. Duration for Float Solution (static):	00:05:00																																			
Results Baseline: CL-02 - BM-G12																																				
Acquisition																																				
Start Time - End Time:	17/02/2021 15:52:42 - 17/02/2021 17:41:42																																			
Duration:	01:49:00																																			
Antennas																																				
	Reference - CL-02	Rover - BM-G12																																		
Receiver Name / SN:	LEICA GX1230 / 457093	LEICA GX1230GG / 471037																																		

Antenna Name / SN:	LEIAX1202 / -	LEIAX1202GG / -			
Carrier Offset:	0.3600 m	0.3600 m			
Height Reading:	1.1100 m	1.2930 m			
Antenna Height:	1.4700 m	1.6530 m			
Coordinates					
	Reference - CL-02	Rover - BM-G12		Reference - CL-02	Rover - BM-G12
Point Role:	Control	Fixed PP			
WGS84 Latitude:	12° 05' 38.70858" S	12° 08' 07.89174" S	Easting:	281,228.9650 m	279,832.0166 m
WGS84 Longitude:	77° 00' 35.97446" W	77° 01' 23.28561" W	Northing:	8,662,238.2781 m	8,657,642.7320 m
WGS84 Ellip. Height:	168.0756 m	96.3058 m	Ortho. Height:	144.2717 m	73.0016 m
WGS84 Cartesian X:	1,402,106.8749 m	1,400,480.9080 m			
WGS84 Cartesian Y:	-6,078,028.2813 m	-6,077,343.8046 m			
WGS84 Cartesian Z:	-1,327,616.5371 m	-1,332,083.6732 m			
Baseline Vector and Quality - WGS84					
ΔLatitude:	-0° 02' 29.18316"	SD ΔLatitude:	0.0002 m		
ΔLongitude:	-0° 00' 47.31115"	SD ΔLongitude:	0.0002 m		
ΔHeight:	-71.7698 m	SD ΔHeight:	0.0005 m		
ΔX:	-1,625.9669 m	SD ΔX:	0.0002 m		
ΔY:	684.4768 m	SD ΔY:	0.0005 m		
ΔZ:	-4,467.1361 m	SD ΔZ:	0.0002 m		
Slope Dist.:	4,802.8722 m	SD Slope Dist.:	0.0002 m		
M0:	0.9321 m	CQ 1D:	0.0005 m		
Q11:	0.00000004	CQ 2D:	0.0002 m		
Q12:	-0.00000004	CQ 3D:	0.0006 m		
Q22:	0.00000029				
Q13:	-0.00000001				
Q23:	0.00000007				
Q33:	0.00000004				
Frequency:	L1/L2	GDOP:	2.1 - 7.3	GPS SVs:	11/11
Solution Optimisation:	None	PDOP:	1.8 - 5.9	GLONASS SVs:	-
Solution Type:	Phase Fixed	HDOP:	0.7 - 3.1	Beidou SVs:	-
		VDOP:	1.7 - 5.0	Galileo SVs:	-
				QZSS SVs:	-
Ephemeris Type:					
GPS:	Broadcast				
Processing Info (17/02/2021 15:52:41 - 17/02/2021 17:41:46)					
Processed Date/Time:	27/02/2021 08:13:52				
Satellites					
Satellite System	Used	Manually Disabled			
GPS:	G01 G03 G04 G06 G07 G09 - G17 G19 G21 G22 G30				
SVs Tracked					

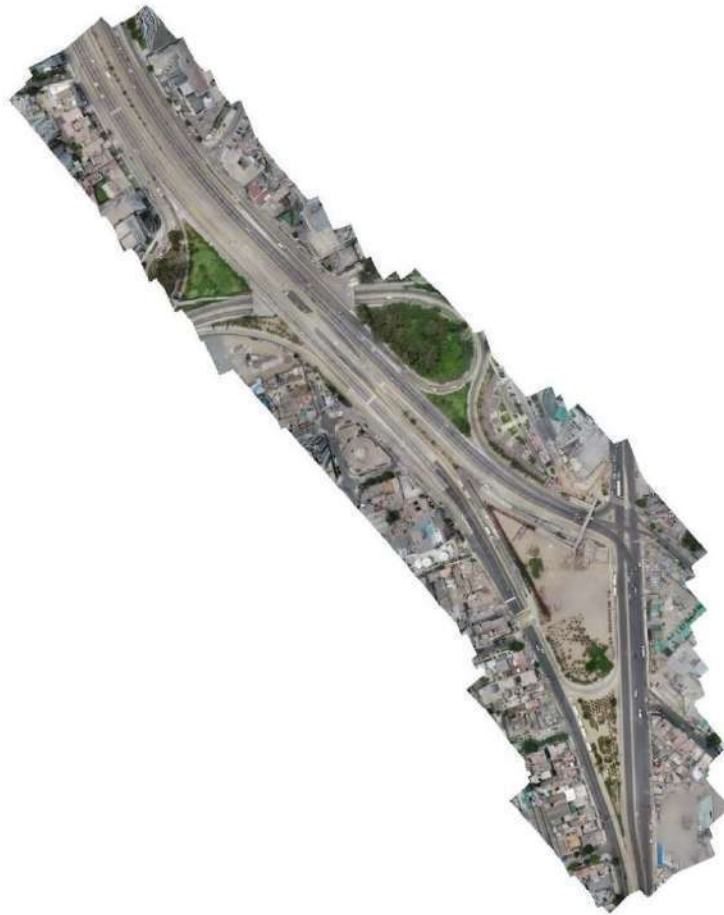
Anexo 13. Especificaciones técnicas Phantom 4 Pro

ESPECIFICACIONES TECNICAS		
MARCA / MODELO	PHANTOM 4 PRO	
CUADRICOPTERO	Peso (batería y Propulsores incluido)	1388 g
	Tamaño en diagonal (Hélices excluidos)	350 mm
	Max velocidad de ascenso	S-mode: 6 m / s
		P-mode: 5 m / s
	Descenso Max velocidad	S-mode: 4 m / s
		P-mode: 3 m / s
	Máxima velocidad	S-mode: (45 mph 72 kilómetros por hora)
		A: 36 mph (58 kph)
		P-mode: (31 mph 50 kilómetros por hora)
	Ángulo máximo de inclinación	S-mode: 42 °
		modo A: 35 °
		P-mode: 25 °
Max velocidad angular	S-mode: 250 ° / s modo A: 150 ° / s	
Techo de servicio máximo de altitud	19685 pies (6000m)	
Max Tiempo de vuelo	Aprox. 30 minutos	
Rango de temperatura de funcionamiento	32 ° a 104 ° F (0 ° a 40 ° C)	
Sistemas de posicionamiento por satélite Pase el ratón Escala Precisión	GPS / GLONASS	
	Vertical: ± 0,1 m (con Visión Posicionamiento) ± 0,5 m (con posicionamiento GPS)	
	Horizontal: ± 0,3 m (con Visión Posicionamiento) ± 1,5 m (con GPS de posicionamiento)	
GIMBAL	Estabilización	3 ejes (cabeceo, balanceo, guiñada)
	Rango controlable	Pitch: -90 ° a + 30 °
	Max controlable angular velocidad	Paso: 90 ° / s
	Angular Precisión Control	± 0,01 °
SISTEMA DE DETECCIÓN DE INFRARROJOS	Rango obstáculo sensorial	0,6 - 23 pies (0,2 - 7 m)
	FOV	70 ° (horizontal), ± 10 ° (vertical)
	Medición de la frecuencia	10 Hz
	Entorno operativo	Superficie con material de reflexión difusa, y la reflectividad > 8% (tal como la pared, árboles, seres humanos, etc.)
SISTEMA DE VISIÓN	Sistema de visión	Sistema de visión hacia adelante hacia atrás Vision System
		Sistema de visión hacia abajo
	Rango de velocidad	≤ 31 mph (50 kph) a 6,6 pies (2 m) sobre el suelo
	Rango de altitud	0 - 33 pies (0 - 10 m)
	Rango de operación	0 - 33 pies (0 - 10 m)
	Rango obstáculo sensorial	2 - 98 pies (0,7 - 30 m)
	FOV	60 ° (horizontal), ± 27 ° (vertical)
	Medición de la frecuencia	10 Hz
Entorno operativo	Superficie con diseño claro y una iluminación adecuada (lux > 15)	

Proyecto de tesis - Plaza de las Flores

Informe de procesamiento

13 February 2022



Datos del levantamiento

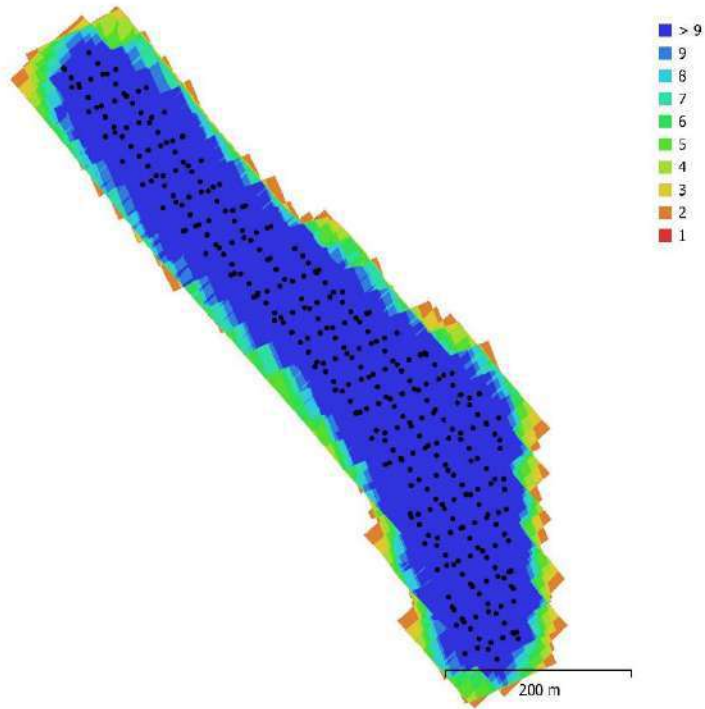


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 330	Imágenes alineadas: 330
Altitud media de vuelo: 74.5 m	Puntos de paso: 125,212
Resolución en terreno: 1.83 cm/pix	Proyecciones: 589,353
Área cubierta: 0.142 km ²	Error de reproyección: 0.876 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310 (8.8mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

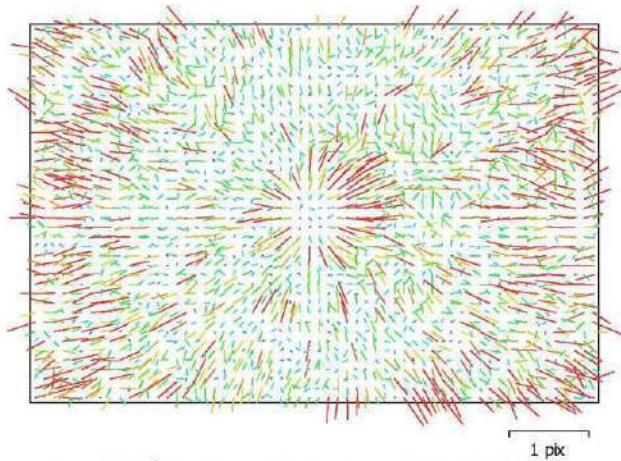


Fig. 2. Gráfico de residuales para FC6310 (8.8mm).

FC6310 (8.8mm)

330 imágenes

Tipo **Cuadro** Resolución **5472 x 3648** Distancia focal **8.8 mm** Tamaño de píxel **2.41 x 2.41 micras**

	Valor	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	3675.8	1.9	1.00	0.72	-0.96	0.21	0.08	0.31	-0.45	0.57	-0.64	0.23	-0.20
Cx	14.8195	0.05		1.00	-0.70	0.15	0.13	0.21	-0.32	0.40	-0.45	0.61	-0.16
Cy	7.52404	0.11			1.00	-0.23	-0.07	-0.29	0.44	-0.55	0.62	-0.23	0.29
B1	0.0202365	0.0045				1.00	0.01	0.04	-0.14	0.16	-0.16	0.04	0.01
B2	-0.218839	0.0044					1.00	-0.04	-0.03	0.04	-0.04	-0.01	0.08
K1	0.0180916	0.00011						1.00	-0.74	0.71	-0.68	0.26	-0.53
K2	-0.0816359	0.00039							1.00	-0.98	0.95	-0.11	0.12
K3	0.145593	0.00082								1.00	-0.99	0.14	-0.15
K4	-0.086947	0.00058									1.00	-0.15	0.17
P1	0.000960978	2.7e-06										1.00	-0.28
P2	-0.000425828	3e-06											1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Posiciones de cámaras

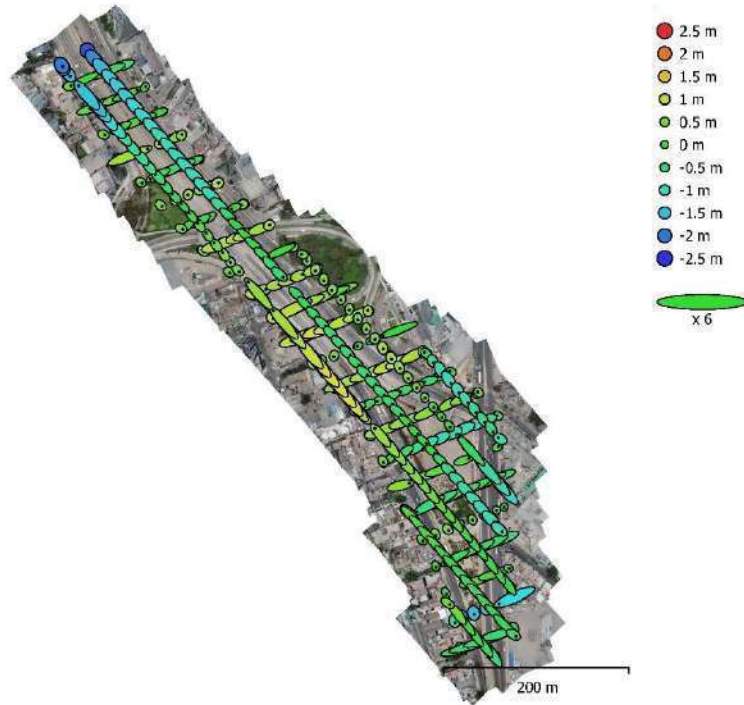


Fig. 3. Posiciones de cámaras y estimadores de error.
El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.

Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
2.17657	1.53769	0.704002	2.66495	2.75637

Tabla 3. Errores medios de las posiciones de cámaras.

X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Puntos de control terrestre



Fig. 4. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.

Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Total (m)
14	0.412	0.48575	2.61414	0.636943	2.69061

Tabla 4. ECM de puntos de control de calidad.

X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Nombre	Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Total (m)	Imagen (pix)
FLOR-001	0.556448	-0.841323	7.001	7.07329	9.545 (26)
FLOR-002	0.732613	-0.167483	6.62083	6.66334	0.595 (31)
17	0.0394066	0.0188955	-0.614555	0.616107	0.418 (8)
18	-0.0480431	-0.0864373	-0.562988	0.571607	0.512 (15)
10	0.407235	0.230439	-0.3665	0.594361	0.423 (28)
12	-0.100618	0.000271545	-0.386622	0.3995	0.451 (19)
1	-0.0369569	0.010201	-0.416033	0.417796	0.403 (24)
6	-0.248858	0.150105	-0.467899	0.55081	0.554 (22)
8	-0.336377	0.0471886	-0.554236	0.650041	0.544 (22)
7	0.551308	0.634151	-0.780035	1.14653	0.482 (21)
3	-0.8757	1.39451	-0.177194	1.65617	0.263 (21)
2	-0.128085	0.335704	-0.136275	0.384284	0.282 (22)
16	-0.293253	0.111814	-0.484816	0.577535	0.395 (29)
5	-0.0242833	0.0983276	-0.501401	0.511528	0.286 (30)
Total	0.412	0.48575	2.61414	2.69061	2.762

Tabla 5. Puntos de control de calidad.

X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

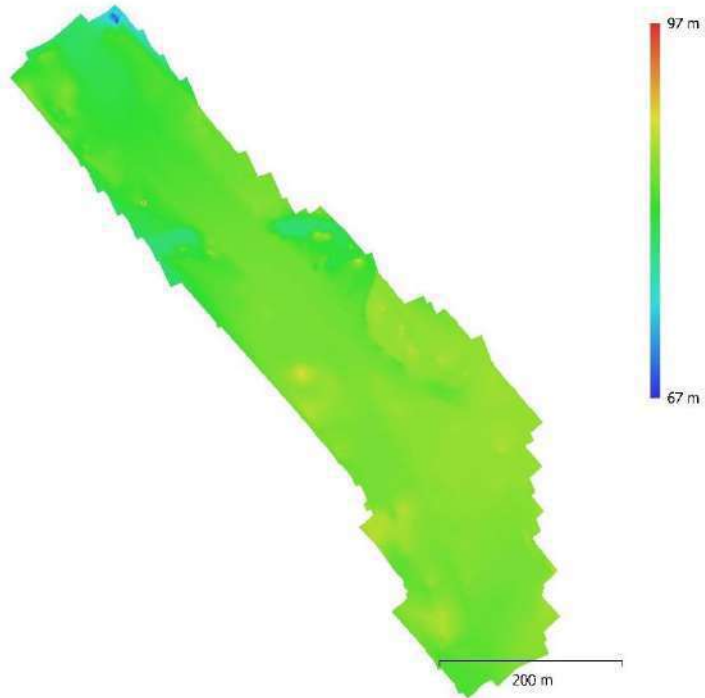


Fig. 5. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 7.31 cm/pix
Densidad de puntos: 187 puntos/m²

Parámetros de procesamiento

Generales

Cámaras	330
Cámaras orientadas	330
Marcadores	14
Formas	
Políneas	135
Polgonos	418
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo

Nube de puntos

Puntos	125,212 de 137,893
RMS error de reproyección	0.153591 (0.876106 pix)
Error de reproyección máximo	0.974812 (35.1437 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	5.19779 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	5.00323

Parámetros de orientación

Precisión	Alta
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Origen
Puntos clave por foto	20,000
Puntos de paso por foto	2,000
Emparejamiento guiado	No
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	Sí
Tiempo búsqueda de emparejamientos	12 minutos 17 segundos
Uso de memoria durante el emparejamiento	269.43 MB
Tiempo de orientación	3 minutos 11 segundos
Uso de memoria durante el alineamiento	96.80 MB

Parámetros de optimización

Parámetros	f, b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1, p2
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	Sí
Tiempo de optimización	6 segundos
Versión del programa	1.6.2.10247

Mapas de profundidad

Número	330
--------	-----

Parámetros de obtención de mapas de profundidad

Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	2 horas 39 minutos
Versión del programa	1.6.2.10247

Nube de puntos densa

Puntos	39,577,475
Colores de puntos	3 bandas, uint8

Parámetros de obtención de mapas de profundidad

Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	2 horas 39 minutos

Parámetros de generación de la nube densa

Tiempo de procesamiento	36 minutos 43 segundos
-------------------------	------------------------

Versión del programa	1.6.2.10247
Modelo	
Caras	766,559
Vértices	388,141
Colores de vértices	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	2 horas 39 minutos
Parámetros de reconstrucción	
Tipo de superficie	Bajorreleve / terreno
Origen de datos	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Máscaras volumétricas estrictas	No
Tiempo de procesamiento	1 minuto 5 segundos
Versión del programa	1.6.2.10247
MDE	
Tamaño	12,711 x 14,414
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Parámetros de reconstrucción	
Origen de datos	Mala
Interpolación	Habilitada
Tiempo de procesamiento	2 minutos 4 segundos
Versión del programa	1.6.2.10247
Ortomosaico	
Tamaño	32,920 x 41,464
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Colores	3 bandas, uint8
Parámetros de reconstrucción	
Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	MDE
Permitir el cierre de agujeros	Si
Tiempo de procesamiento	19 minutos 38 segundos
Versión del programa	1.6.2.10247
Sistema	
Nombre del programa	AgSoft Metashape Professional
Versión del programa	1.6.2 build 10247
OS	Windows 64 bit
RAM	7.92 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-8550U CPU @ 1.80GHz
GPU(s)	GeForce MX130

Anexo 15. Informe de los resultados de Pix4D



Calibration Details

Number of Calibrated Images	330 out of 330
Number of Geolocated Images	330 out of 330

Initial Image Positions

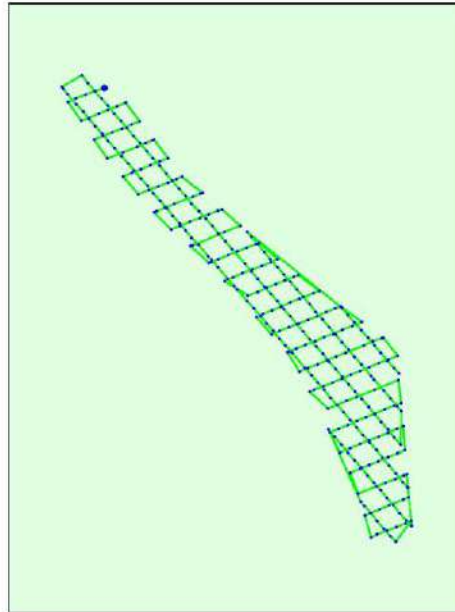
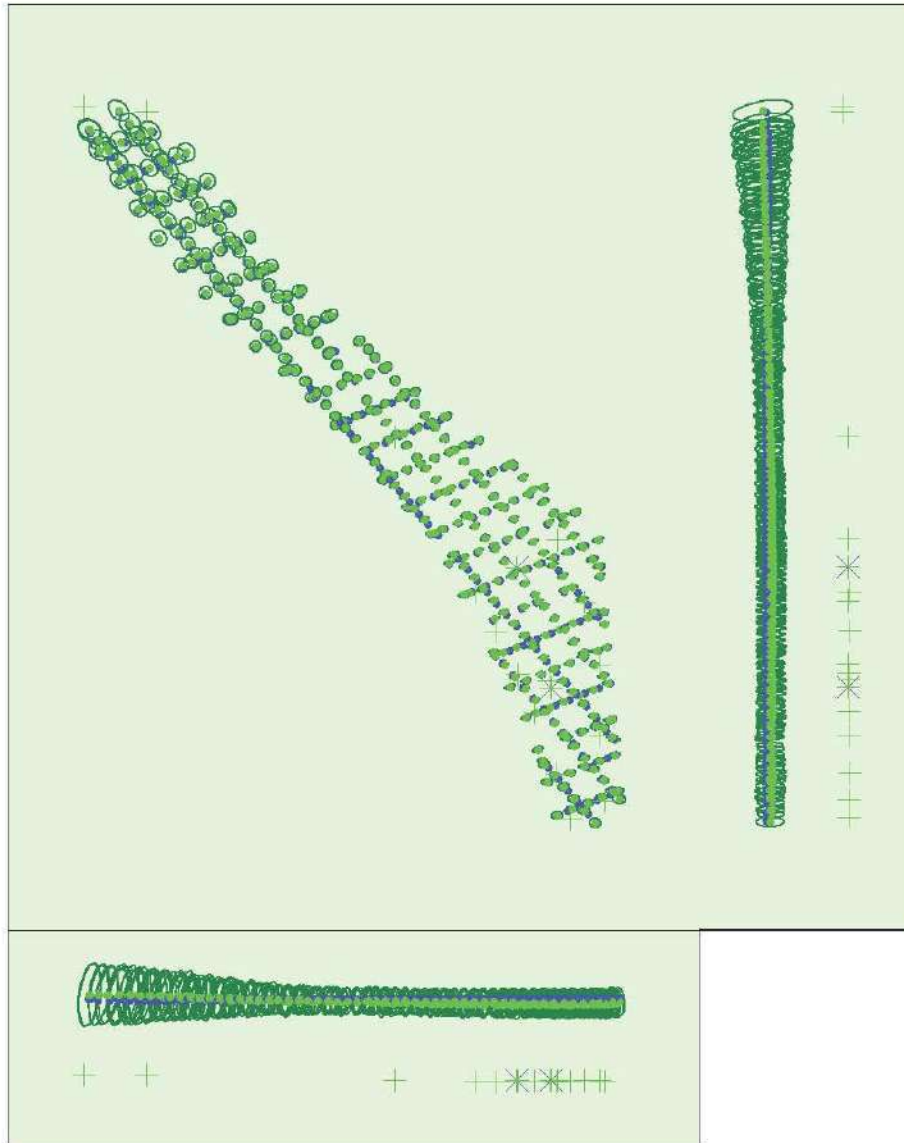


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



Uncertainty ellipses 100x magnified

Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCP's initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front view (XZ plane), and side view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

🔍 Absolute camera position and orientation uncertainties



	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.054	0.040	0.142	0.034	0.033	0.008
Sigma	0.014	0.021	0.040	0.009	0.008	0.003

Overlap

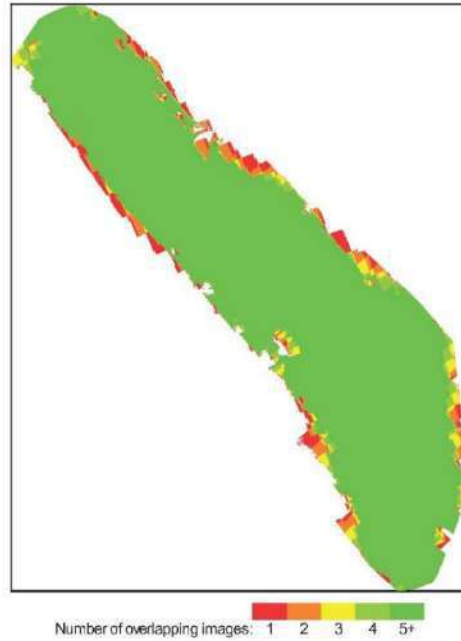


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details

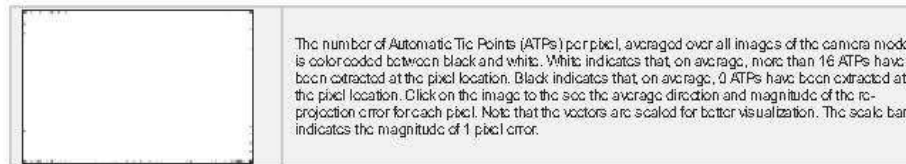
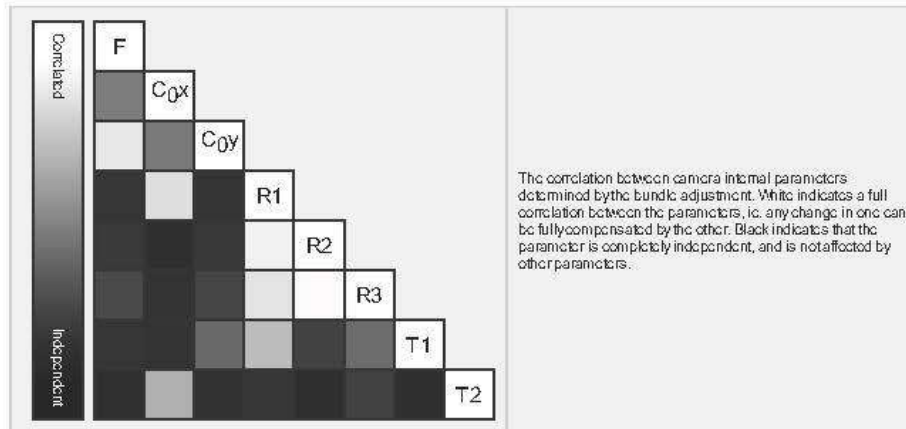
Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	841204
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	240979
Mean Reprojection Error [pixels]	0.115

Internal Camera Parameters

FC6310_8.8_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 12.833 [mm] x 8.556 [mm]

EXIF ID: FO6310_8.8_5472x3648

	Focal Length	Principal Point.x	Principal Point.y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3668.759 [pixel] 8.604 [mm]	2736.001 [pixel] 6.417 [mm]	1823.999 [pixel] 4.278 [mm]	0.003	-0.008	0.008	-0.000	0.000
Optimized Values	3827.712 [pixel] 8.977 [mm]	2751.908 [pixel] 6.454 [mm]	1822.217 [pixel] 4.274 [mm]	0.004	-0.018	0.018	-0.000	0.001
Uncertainties (Sigma)	6.577 [pixel] 0.015 [mm]	0.236 [pixel] 0.001 [mm]	0.445 [pixel] 0.001 [mm]	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000



2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	5589	2533
Min	4286	1208
Max	6843	3648
Mean	5589	2548

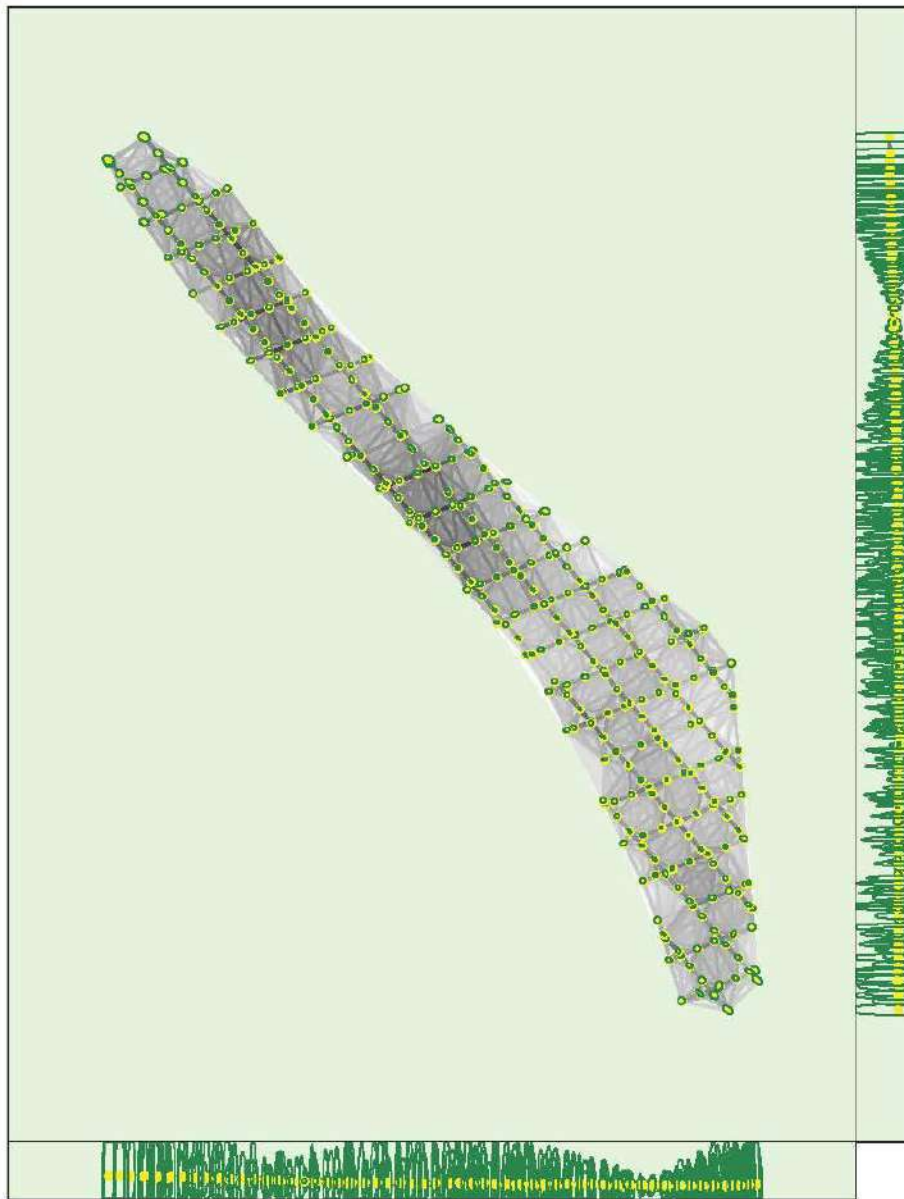
3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	154356
In 3 Images	34588
In 4 Images	15234
In 5 Images	8677
In 6 Images	5384
In 7 Images	3887
In 8 Images	2853
In 9 Images	2318
In 10 Images	1728
In 11 Images	1431
In 12 Images	1206
In 13 Images	1006
In 14 Images	938
In 15 Images	812
In 16 Images	788
In 17 Images	725
In 18 Images	668
In 19 Images	662
In 20 Images	658
In 21 Images	613
In 22 Images	550
In 23 Images	463

In 24 Images	364
In 25 Images	296
In 26 Images	228
In 27 Images	216
In 28 Images	134
In 29 Images	87
In 30 Images	41
In 31 Images	19
In 32 Images	13
In 33 Images	7
In 34 Images	5

2D Keypoint Matches





Uncertainty ellipses 100x magnified

Number of matches

25 180 361 542 722 903 1084 1264 1445 1626

Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties

X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
-------	-------	-------	----------------	--------------	----------------

Mean	0.022	0.020	0.193	0.143	0.169	0.010
Sigma	0.005	0.004	0.123	0.082	0.071	0.002

Manual Tie Points

MTP Name	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
17	0.099	4 / 4
18	0.269	4 / 4
15	0.195	4 / 4
12	0.088	3 / 3
2	0.250	8 / 8
1	0.105	4 / 4
3	0.076	2 / 2
4	0.216	8 / 8
6	0.127	9 / 9
7	0.207	6 / 6
8	0.227	7 / 7
9	0.143	7 / 7
5	0.150	9 / 9
10	0.169	8 / 8
16	0.181	11 / 11

Projection errors for manual tie points. The last column counts the number of images where the manual tie point has been automatically verified vs. manually marked.

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
FLOR-001 (3D)	0.020/ 0.020	0.001	0.021	0.019	1.575	11 / 11
FLOR-002 (3D)	0.020/ 0.020	-0.001	-0.001	0.000	0.371	12 / 12
Mean [m]		0.000020	0.009967	0.009786		
Sigma [m]		0.000803	0.010713	0.009609		
RMS Error [m]		0.000804	0.014632	0.013715		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

Mn Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.00	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.00	0.00	0.00
-9.00	-6.00	0.30	0.00	0.00
-6.00	-3.00	3.94	10.00	5.45
-3.00	0.00	38.79	62.42	14.55
0.00	3.00	44.55	27.58	36.97
3.00	6.00	11.82	0.00	43.03
6.00	9.00	0.61	0.00	0.00
9.00	12.00	0.00	0.00	0.00
12.00	15.00	0.00	0.00	0.00

15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		0.510472	-0.924729	1.873035
Sigma [m]		2.236003	1.617874	2.309162
RMS Error [m]		2.293533	1.863502	2.973296

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X (%)	Images Y (%)	Images Z (%)
[-1.00, 1.00]	95.15	96.97	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	5.000000	5.000000	10.000000
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	0.980
Phi	1.489
Kappa	1.320

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-8550U CPU @ 1.80GHz RAM: 8GB GPU: Intel(R) UHD Graphics 620 (Driver: 27.20.100.9171)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS 84 (EGM96 Geoid)
Output Coordinate System	WGS 84 / UTM, zone 18S (EGM96 Geoid)

Processing Options

Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Rapid, Image Scale: 0.25
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details

Processing Options



Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: no
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes

Results



Number of Generated Tiles	4
Number of 3D Densified Points	35638680
Average Density (per m ²)	365.07

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (1.88 (cm/pixel))
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: no
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (1.88 (cm/pixel))
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 0.5 Resolution [cm]: 100 Minimum Line Size [vertices]: 20