



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO
GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS
DE MADRIGAL – LARI DE LA PROVINCIA DE
CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JAVIER MATAQQUE PUMA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO
GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS
DE MADRIGAL – LARI DE LA PROVINCIA DE
CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JAVIER MATAQUE PUMA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. EFRAIN PARILO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Dr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS

: 
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 021-2025-D-FICP-UANCV

Juliaca, 15 de mayo de 2025

VISTOS:

El OFICIO N° 021-2025-D-EPIC-FICP-UANCV-J del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N° 020 2025 de fecha 10 de abril de 2025 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL - LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA; y el trámite solicitado por el Bachiller en Ingeniería Civil y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller; JAVIER MATAQUE PUMA; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL - LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- * Presidente : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
* 1er Miembro : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
* 2do Miembro : Dr. ARNALDO YANA TORRES
* Asesor : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - APROBAR Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: JAVIER MATAQUE PUMA; rendirá el Examen de Sustentación del informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL - LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil de acuerdo al siguiente detalle:

- * FECHA : miércoles 21 de mayo de 2025
* HORA : 08:00 horas
* LUGAR : Aula 406 - FICP

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.





RESOLUCIÓN DECANAL N° 020-2025-D-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de abril de 2025

VISTOS:

El **INFORME N° 001-2025-D-UI-FICP-UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias, **INFORME N° 001-2025-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 265-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación: el **11 de mayo de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **01 de abril de 2025** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL - LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **JAVIER MATAQUE PUMA**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL - LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, nombró a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- ♦ **Presidente** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- † **1er Miembro** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- * **2do Miembro** : **Dr. ARNALDO YANA TORRES**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL - LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 344-2025, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL - LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24561, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **JAVIER MATAQUE PUMA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL - LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.**

ARTICULO TERCERO.- La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,








C. de
andino 2025
investigación



RESOLUCIÓN DECANAL N° 265-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de mayo 2023

VISTOS:

El, **INFORME N° 113-2023-D-UI-FICP-UANCV**, del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 017-2023-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 011-2023-UANCV-FICP-UI-CI-EPIC** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **04 de mayo de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL - LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **JAVIER MATAQUE PUMA**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL - LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- * **1er Miembro** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL - LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **JAVIER MATAQUE PUMA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el Tema Titulado: **APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL - LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA.**

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.**

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc. archivo 2023 interesado (a)


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Mgtr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP: 47790


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP: 65531



APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL – LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE


FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1%



Título de la tesis	
APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL – LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	JAVIER MATAQUE PUMA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46652978
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0001-6382-1258
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8509-7224
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	41414676
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Arequipa Provincia: Caylloma Distrito: Madrigal</p> <ul style="list-style-type: none"> - Latitud: S 15° 36' 31" - Longitud: O 71° 48' 38"  <p>https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1F_kObmVgn9wmy5ADtbZ80H9tAR4-NMM&usp=sharing</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2023 – Abril 2025
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</p> <p>Ingeniería del transporte https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.05</p>
<p>https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</p> <p>- Librería</p>	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y FÍSICAS

Dr. Fritz Willy Morales Apaza
DIRECTOR
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JAVIER MATAQQUE PUMA, identificado con DNI Nro. 46652978, en mi condición de egresado de:

- [x] Escuela Profesional
[] Programa de Segunda Especialidad,
[] Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la [x] Tesis o [] Trabajo de Investigación, [] Trabajo Académico denominada: APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL – LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA

Asesorado por: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez v/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 30 de MAYO del 2025

Firma del Asesor (obligatoria)

Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A nuestro Señor Dios todo poderoso creador del cielo y de la tierra, por darme la sabiduría, inteligencia y salud para poder culminar con este proyecto y a la vez permitirme poder cerrar un ciclo en la aventura de la carrera de Ingeniería Civil.

A mis padres y familiares, por confiar en mí, apoyarme en los momentos difíciles con palabras de aliento y por enseñarme que todo esfuerzo tiene su recompensa, que gracias al trabajo duro y dedicación se puede alcanzar nuestros sueños y metas.

A mis amigos, por sus consejos y ayuda en los momentos difíciles cuando tenía ganas de rendirme ellos nunca me abandonaron, siempre estuvieron a mi lado con sus palabras de aliento.

Y, en especial, a mi padre Mauricio Mataque Bermúdez, que a pesar que no está en vida acompañándome en este momento tan especial fue la mayor inspiración en mi crecimiento profesional, este proyecto se lo dedico enteramente a él, ya que fue la fuente de mi inspiración y las ganas de salir adelante día a día.

Esta tesis es reflejo de varios años de experiencia en el rubro de la Topografía y Geodesia, que cada día sigue evolucionando con nuevos conocimientos. Fue un camino muy difícil pero gratificante para poder alcanzar este logro.

Con cariño y gratitud,

Mataque Puma Javier



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, por permitir conocer a varios profesionales como ingenieros, arquitectos y abogados que me ayudaron a crecer profesionalmente en mi carrera técnica y superior.

A los ingenieros agrícolas, que son básicamente mis mentores y me han ayudado en gran medida en la obtención de conocimientos de la carrera en el diseño de canales, represas, proyectos de área de cultivos, etc., quienes con su guía, conocimiento y paciencia contribuyeron en gran medida en mi crecimiento profesional, dándome su apoyo de forma incondicional.

A los arquitectos y abogados, que me han ayudado en la obtención de conocimientos en el rubro de la cartografía, saneamiento físico legal, que también quienes con su conocimiento y paciencia contribuyeron en mi crecimiento profesional, dándome su apoyo de forma incondicional.

A los ingenieros civiles, que me han ayudado en la obtención de conocimiento en proyectos de saneamiento agua y desagüe, cartografía, topografía, fotogrametría y proyectos en de infraestructura, quienes de igual manera con su guía, conocimiento y paciencia contribuyeron en mi crecimiento profesional, dándome su apoyo de forma incondicional.

Finalmente, a todas las personas que estuvieron a mi lado de una u otra forma, que, con palabras de aliento, consejos y cada gesto de apoyo incondicional que he recibido para poder llegar hasta aquí.

Con sincera gratitud,

Mataque Puma Javier.



ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE	iii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE TABLAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCION.....	xvii

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Exposición de la situación problemática	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.2.1 Problema general.....	2
1.2.2 Problemas específicos	2
1.3 Justificación de la investigación.....	3
1.3.1 Justificación técnica	3
1.3.2 Justificación económica.....	3
1.3.3 Justificación social.....	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4



1.4.2	Objetivos específicos	4
1.5	Hipótesis.....	4
1.5.1	Hipótesis general.....	4
1.5.2	Hipótesis específicas	4
1.6	Variables e indicadores.....	5
1.6.1	Operacionalización de variables.....	6

CAPITULO II

MARCO TEORICO REFERENCIAL

2.1	Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1	Primer antecedente	7
2.1.2	Segundo antecedente	8
2.1.3	Tercer antecedente	9
2.2	Marco Teórico.....	10
2.2.1	Fotogrametría.....	10
2.2.2	Clasificación de la fotogrametría	10
2.2.3	Ventajas de la fotogrametría.....	11
2.2.4	Desventajas de la fotogrametría.....	12
2.2.5	Aplicaciones de la fotogrametría	13
2.2.6	Equipos empleados en la fotogrametría	13
	Metodologías para el levantamiento fotogramétrico con dron	15
2.2.7	Imagen	17



- 2.2.8 Vuelo fotogramétrico 20
- 2.2.9 Puntos de apoyo fotogramétrico..... 22
- 2.2.10 Producto fotogramétrico 24
- 2.2.11 Software empleado en fotogrametría..... 26
- 2.3 Marco conceptual 26
 - 2.3.1 Carretera..... 26
 - 2.3.2 Diseño geométrico de vías 26
 - 2.3.3 Levantamiento fotogramétrico 27
 - 2.3.4 Puntos de Apoyo/Control Fotogramétrico 27
 - 2.3.5 Vuelo fotogramétrico 27

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

- 3.1 Nivel de investigación 28
- 3.2 Diseño de la investigación 28
- 3.3 Tipo de investigación 28
- 3.4 Método de investigación 29
- 3.5 Población y muestra 29
 - 3.5.1 Población 29
 - 3.5.2 Muestra 29
- 3.6 Identificación del área de estudio y establecimiento de un punto geodésico de orden "C" 29
 - 3.6.1 Ubicación y localización del área de estudio 29



- 3.6.2 Inspección in situ y verificación del área de estudio 37
- 3.6.3 Obtención del código del punto geodésico del IGN 38
- 3.6.4 Ubicación y localización del punto geodésico de orden "C" en el área de estudio..... 40
- 3.6.5 Monumentación del punto geodésico 40
- 3.6.6 Obtención de datos en modo estático del punto geodésico 41
- 3.6.7 Levantamiento del punto geodésico en el programa CGO 2 OFFICE GEOMATIC 41
- 3.6.8 Elaboración del expediente para la certificación del Instituto Geográfico Nacional IGN 42
- 3.7 Levantamiento fotogramétrico según el plan de vuelo diseñado por etapas, siguiendo la geometría y variación altitudinal de la carretera en estudio. 43
 - 3.7.1 Delimitación del área de vuelo del drone y toma de datos de los puntos de control 43
 - 3.7.2 Vuelo de drone para la obtención de curvas de nivel 48
- 3.8 Obtención de nube de puntos densa y ortofotos respectivas del levantamiento fotogramétrico..... 52
 - 3.8.1 Procesamiento de la información en el programa AGISOFT METASHAPE 52
 - 3.8.2 Procesamiento de la nube de puntos densa en el programa Cloudcompare 78
 - 3.8.3 Procesamiento de la nube de puntos densa con el programa Autodesk recap 88
- 3.9 3.3.4 Procesamiento de las ortofotos en el programa Global Mapper 90
- 3.10 Diseño geométrico de la carretera de acuerdo al reglamento DG 2018. 94
 - 3.10.1 Generación de la superficie topográfica 94



3.10.2 Diseño geométrico de la carretera..... 97

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Identificación del área de estudio y establecimiento de un punto geodésico de orden "C" 117

4.2 Levantamiento fotogramétrico según el plan de vuelo diseñado por etapas, siguiendo la geometría y variación altitudinal de la carretera en estudio. 121

4.3 Obtención de nube de puntos densa y ortofotos respectivas del levantamiento fotogramétrico..... 126

4.4 Diseño geométrico de la carretera de acuerdo al reglamento DG 2018. 128

CONCLUSIONES 132

RECOMENDACIONES..... 134

BIBLIOGRAFIA..... 135

ANEXOS..... 139



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cinemática tiempo real (RTK).....	16
Figura 2 Cinemática postprocesamiento.....	17
Figura 3 Fotografía vertical.....	18
Figura 4 Diagrama de fotogrametría.....	19
Figura 5 Modelo digital de terreno (MDT).....	25
Figura 6 Modelo digital de elevación.....	25
Figura 7 Cartografía del área según la plataforma del MINEDU.....	30
Figura 8 Mapa político del departamento de Arequipa, donde está localizada el área de estudio.....	31
Figura 9 Mapa de ubicación del proyecto en los distritos de Madrigal – Lari, provincia de Caylloma.....	31
Figura 10 Coordenadas proyectadas o planas.....	33
Figura 11 Hemisferios del planeta Tierra separados por la línea ecuatorial.....	35
Figura 12 Cartas topográficas disponibles a una escala 1/100 000.....	36
Figura 13 Cuadrícula 32S perteneciente a los distritos de Madrigal y Lari.....	36
Figura 14 Plano topográfico del área del proyecto de investigación.....	37
Figura 15 Trocha carrozable que une los Distritos de Madrigal – Lari.....	38
Figura 16 Plataforma del IGN.....	39
Figura 17 Solicitud de códigos para puntos geodésicos.....	39
Figura 18 Punto geodésico monumentado.....	40
Figura 19 Equipo GNSS estacionado en modo Estático.....	41
Figura 20 Espacio de trabajo del programa Infraworks.....	44
Figura 21 Topografía y alineamiento detallado en el programa Civil 3D 2023.....	44
Figura 22 Altitud configurada para realizar vuelo de drone (50m) y valor de GSD (1.37 cm/pixel).....	45
Figura 23 Esquema para el cálculo de altura H.....	46



Figura 24 Planificación de los vuelos que se va a realizar en función del GSD.....	47
Figura 25 Distribución homogénea de los puntos de control para el vuelo de drone ...	48
Figura 26 Traslape que hay entre cada área de vuelo	49
Figura 27 Plan de vuelo N°1 a una altitud de 55m con una duración de 7m 34s.....	49
Figura 28 Plan de vuelo N°2 a una altitud de 40m con una duración de 7m 3s.....	50
Figura 29 Plan de vuelo N°3 a una altitud de 60m con una duración de 10m 5s.....	50
Figura 30 Plan de vuelo N°4 a una altitud de 50m con una duración de 14m 53s.....	50
Figura 31 Plan de vuelo N°5 a una altitud de 40m con una duración de 15m 20s.....	51
Figura 32 Plan de vuelo N°6 a una altitud de 50m con una duración de 8m 23s.....	51
Figura 33 Traslape longitudinal y transversal	52
Figura 34 Interface del programa Agisoft Metashape.....	53
Figura 35 Flujo de trabajo en Agisoft Metashape	54
Figura 36 Adición de fotografías al programa	54
Figura 37 Opción orientar fotos.....	55
Figura 38 Resultado de la orientación de fotos	55
Figura 39 Cambiar de coordenadas geográficas a coordenadas planas	56
Figura 40 Cambiar de coordenadas geográficas a coordenadas planas	57
Figura 41 Importación de puntos de control	57
Figura 42 Importar desde archivo de texto.....	58
Figura 43 Puntos importados al programa	58
Figura 44 Filtrar fotos por punto actual	59
Figura 45 Localización del punto de control seleccionado	59
Figura 46 Colocación de marcador	60
Figura 47 Modificación de marcadores	61
Figura 48 Marcadores ubicados correctamente	61
Figura 49 Corrección de error	62
Figura 50 Interfaz del programa.....	62
Figura 51 Optimizar orientación de cámaras.....	63



Figura 52 Disminución del error	63
Figura 53 Creación de nube de puntos	64
Figura 54 Generación del informe de proceso de verificación	65
Figura 55 Error presente en los tres ejes	66
Figura 56 Delimitación del eje de la carretera	66
Figura 57 Delimitación para el vuelo 1	67
Figura 58 Delimitación para el vuelo 2	67
Figura 59 Nube de puntos densa en planta	68
Figura 60 Nube de puntos densa en perspectiva	69
Figura 61 Malla de la nube de puntos densa	69
Figura 62 Clasificación de puntos	70
Figura 63 Clasificación de nube de puntos	70
Figura 64 Arbustos considerados como parte del terreno	71
Figura 65 Ángulo alpha (α)	71
Figura 66 Distancias "d" diferentes	72
Figura 67 Tamaño máximo de la célula	73
Figura 68 Vista en perspectiva.....	73
Figura 69 Eliminación de edificación existente.....	74
Figura 70 Eliminación de arbustos	74
Figura 71 Opción exportar puntos.....	75
Figura 72 Opción Exportar puntos	75
Figura 73 Selección de clase de puntos.....	76
Figura 74 Exportación de ortofotos	76
Figura 75 Opción exportar ortomosaico	77
Figura 76 Interface del programa CloudCompare	78
Figura 77 Apertura de archivo .txt.....	79
Figura 78 Puntos importados	79
Figura 79 Número de puntos en un solo vuelo de drone.....	79



Figura 80 Tramo de la trocha carrozable	80
Figura 81 Levantamiento topográfico con estación total.....	80
Figura 82 Millones de puntos en un área pequeña de la trocha carrozable.....	81
Figura 83 Ubicación de la opción Cloud sub sampling	82
Figura 84 Opción Cloud sub sampling	82
Figura 85 Puntos espaciados cada 25 cm	83
Figura 86 Puntos exportados del programa Agisoft vs Puntos distanciados a 25cm ...	84
Figura 87 Nube de puntos densa de los seis vuelos	84
Figura 88 Selección de los seis vuelos	85
Figura 89 Opción Merge	85
Figura 90 Nubes de puntos densa unidas.....	86
Figura 91 Parámetros que se usaron para para poder disminuir la cantidad de puntos densa.....	86
Figura 92 Disminución de la cantidad de puntos.....	87
Figura 93 Peso del archivo de texto "NUBE DE PTOS DENSA GENERAL"	87
Figura 94 Interfaz del programa.....	88
Figura 95 Selección del archivo a importar	89
Figura 96 Importación del archivo	89
Figura 97 Escanear la nube de puntos densa procesada	89
Figura 98 Opción Launch project	90
Figura 99 Archivo guardado.....	90
Figura 100 Interfaz del programa.....	91
Figura 101 Ortofotos importadas en el programa Global Mapper.....	92
Figura 102 Opción export raster/image format.....	92
Figura 103 Elección del formato ECW file.....	93
Figura 104 Parámetros de exportación de ortofotos	93
Figura 105 Opción Point Cloud	94
Figura 106 Opción "Create surface from point cloud".....	95



Figura 107 Nombre indicado para generación de superficie	95
Figura 108 Separación aplicada por el programa.....	96
Figura 109 Selección de opción “Kriging interpolation”	96
Figura 110 Esquema de trabajo para el diseño geométrico	97
Figura 111 Esquema de trabajo para el diseño geométrico	97
Figura 112 Volumen horario de diseño	99
Figura 113 Cálculos de proyección de carretera	100
Figura 114 Datos básicos de vehículos para el dimensionamiento de carreteras	101
Figura 115 Sobreechancho en curvas	101
Figura 116 Maniobras que se realizan en intersecciones.....	102
Figura 117 Dimensiones de carriles.....	102
Figura 118 Clasificación de la vía por demanda.....	103
Figura 119 Terreno plano Tipo 1.....	104
Figura 120 Terreno ondulado Tipo 2.....	104
Figura 121 Terreno accidentado Tipo 3	105
Figura 122 Terreno escarpado Tipo 4.....	105
Figura 123 Determinación de velocidad de diseño.....	106
Figura 124 Flujograma de trabajo para trazo definitivo en planta	107
Figura 125 Tipo de terreno existente en el proyecto	108
Figura 126 Clasificación por orografía	108
Figura 127 Configuración de parámetros mínimos establecidos	109
Figura 128 Radios mínimos y espirales	109
Figura 129 Alineamiento en planta.....	110
Figura 130 Ancho de calzada	110
Figura 131 Valores del bombeo de la calzada	111
Figura 132 Ancho de bermas.....	111
Figura 133 Peraltes aplicados correctamente	112
Figura 134 Gráfico de vista de peralte	112



Figura 135 Corrección de traslapes	113
Figura 136 Sobreancho de vía.....	113
Figura 137 Sobreancho de entrada y salida no coincidente	114
Figura 138 Corrección de sobreancho	114
Figura 139 Parámetros a cumplirse	115
Figura 140 Diseño de curva vertical.....	116
Figura 141 Localización del punto geodésico	117
Figura 142 Diario de observación de campo.....	119
Figura 143 Descripción monográfica del punto geodésico	120
Figura 144 Tramo del vuelo N°1	122
Figura 145 Tramo del vuelo N°1	122
Figura 146 Tramo del vuelo N°2	122
Figura 147 Tramo del vuelo N°2	123
Figura 148 Tramo del vuelo N°3	123
Figura 149 Tramo del vuelo N°3	123
Figura 150 Tramo del vuelo N°4	124
Figura 151 Tramo del vuelo N°4	124
Figura 152 Tramo del vuelo N°5	124
Figura 153 Tramo del vuelo N°5	125
Figura 154 Tramo del vuelo N°6	125
Figura 155 Tramo del vuelo N°6	126
Figura 156 Nube de puntos densa generada	127
Figura 157 Ortofoto del área de estudio.....	128
Figura 158 Cuadro de elementos de curva – Primera parte	129
Figura 159 Cuadro de elementos de curva – Segunda parte	130
Figura 160 Plano planta y perfil longitudinal (Km 0+000 – 0+900)	131



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Información topográfica del proyecto	32
Tabla 2 Descripción de la ubicación del punto geodésico	118
Tabla 3 Punto de inicio AQ03	118
Tabla 4 Punto final ARE5331	118
Tabla 5 Cálculo del tamaño del pixel en el terreno.....	121



RESUMEN

El uso de la fotogrametría en el levantamiento de información topográfica permite el diseño de proyectos viales en un menor costo y tiempo. En nuestro país, el empleo de esta técnica para el diseño de carreteras se encuentra limitado por el desconocimiento y la falta de metodologías estandarizadas, es por ello que el objetivo general de la presente investigación fue aplicar la fotogrametría para el diseño geométrico de la carretera de los distritos de Madrigal – Lari de la provincia de Caylloma, región Arequipa. Para ello, en primer lugar, se procedió a identificar el área de estudio y a establecerse un punto geodésico de orden "C", posteriormente se realizó, según el plan de vuelo diseñado por etapas el levantamiento fotogramétrico, siguiendo la geometría y variación altitudinal de la carretera en estudio. Luego con la información obtenida en campo se obtuvo la nube de puntos densa y las ortofotos respectivas. Finalmente se procedió a realizar el diseño geométrico de la carretera de acuerdo al reglamento DG-2018. Se determinó que la información obtenida por medio de la fotogrametría fue muy útil para poder realizar curvas de nivel, diseño de alineamiento en planta, elevación y secciones transversales, obteniendo los cálculos de volumen de desmonte, cumpliendo con lo establecido en el reglamento de diseño geométrico de carreteras DG-2018.

Palabras clave: Fotogrametría, Diseño geométrico, Carretera, Drone.



ABSTRACT

The use of photogrammetry in the collection of topographic information allows the design of road projects at a lower cost and time. In our country, the use of this technique for the design of roads is limited by the lack of knowledge and the lack of standardized methodologies, which is why the general objective of this research was to apply photogrammetry for the geometric design of the road in the districts of Madrigal - Lari in the province of Caylloma, Arequipa region. To do this, first, the study area was identified and a geodetic point of order "C" was established, then the photogrammetric survey was carried out according to the flight plan designed in stages, following the geometry and altitudinal variation of the road under study. Then, with the information obtained in the field, the dense point cloud and the respective orthophotos were obtained. Finally, the geometric design of the road was carried out according to the DG-2018 regulation. It was determined that the information obtained through photogrammetry was very useful for making contour lines, alignment design in plan, elevation and cross sections, obtaining the calculations of clearing volume, complying with the provisions of the geometric design regulations for roads DG-2018.

Key words: Photogrammetry, Geometric design, Highway, Drone.



INTRODUCCION

Actualmente la fotogrametría es considerada una técnica muy útil en la rama de la Ingeniería Civil, ya que mediante su aplicación se puede obtener información del lugar en el cual se proyecta construir una carretera en un menor tiempo y a un menor costo frente a las metodologías topográficas tradicionales. En el Perú el uso de esta técnica es escasa, por el desconocimiento que existe a pesar de poseer grandes ventajas. En la presente investigación se emplea la fotogrametría para el diseño geométrico de la carretera Madrigal – Lari, provincia de Caylloma, región de Arequipa, abordando lo componentes que se detallan a continuación:

En el Capítulo I, referente al Planteamiento del problema, se expone la problemática, la justificación del estudio, así como los objetivos e hipótesis.

En el Capítulo II, Marco teórico, se indica los antecedentes de investigación, marco teórico y marco referencial.

En el Capítulo III, relacionado a la Metodología de investigación, se detalla el procedimiento a realizarse para lograr los objetivos trazados en el primer capítulo.

En el Capítulo IV, referido a los Resultados y discusión, se presentan los resultados obtenidos del trabajo de investigación y se contrastan con los hallazgos de otros autores.

Finalmente se han formulado las conclusiones y recomendaciones pertinentes, culminando con la bibliografía consultada en la investigación.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Exposición de la situación problemática

En los últimos años la ejecución de levantamientos topográficos para la construcción de carreteras ha presentado avances significativos, permitiendo de este modo un análisis más integral de las superficies. La integración de nuevas tecnologías, como el uso de equipos de GPS diferencial, así como de vehículos aéreos no tripulados (Unmanned Aerial Vehicle - UAV) o drones y de técnicas como la fotogrametría facilitan la elaboración de estudios preliminares, la definición de curvas de nivel, el trazado de caminos, la obtención de una base de datos topográficos, entre otros que cumplan con lo requerido por cada proyecto.

En nuestro país la aplicación de técnicas y de equipos topográficos más avanzados para el diseño de carreteras es aún poco común. Respecto a la información disponible para realizar levantamientos topográficos con UAV, únicamente existe información para ser aplicado a la cartografía. El conocimiento sobre el empleo de estas aeronaves y su integración con los programas informáticos utilizados en el análisis fotogramétrico es actualmente limitado.

Adquirir habilidades en la aplicación de la fotogrametría aérea para levantamientos topográficos de carreteras mediante el uso de drones permitirá comprender las ventajas de esta técnica y ofrecerá una nueva perspectiva sobre la



eficiencia en la obtención de datos de la superficie terrestre. Este método indirecto facilita la recolección de información de manera más ágil y con resultados precisos en comparación con los métodos tradicionales de medición topográfica.

El propósito de la presente investigación es la de aplicar la fotogrametría para el diseño geométrico de la carretera de los distritos de Madrigal - Lari, provincia de Caylloma, departamento de Arequipa según el Diseño geométrico (DG 2018), estableciendo los pasos adecuados y necesarios para el uso correcto de las nuevas tecnologías aplicadas a la topografía.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿De qué manera la aplicación de la fotogrametría beneficiaría el diseño geométrico de la carretera de los distritos de Madrigal – Lari de la provincia de Caylloma, región Arequipa?

1.2.2 *Problemas específicos*

1. ¿Cómo se realiza la identificación del área de estudio y el establecimiento de un punto geodésico de orden "C"?
2. ¿Cómo se realiza el levantamiento fotogramétrico según el plan de vuelo a diseñarse por etapas, siguiendo la geometría y variación altitudinal de la carretera en estudio?
3. ¿Cómo se obtiene una nube de puntos densa y las ortofotos respectivas del levantamiento fotogramétrico?
4. ¿Cuál será el diseño geométrico de la carretera de acuerdo al reglamento DG 2018?



1.3 Justificación de la investigación

1.3.1 Justificación técnica

La aplicación de la fotogrametría en el diseño geométrico de carreteras presenta claras ventajas sobre otras metodologías de captura de información topográfica, ya que se obtiene una representación completa y objetiva de la superficie sobre la que se trabaja, asimismo la captura de información en campo es muy rápida, incluso para áreas muy extensas.

En la actualidad no existe un procedimiento estandarizado para la aplicación de esta técnica en el levantamiento topográfico para carreteras, por lo cual en la presente investigación se establecerá dicho procedimiento.

1.3.2 Justificación económica

El uso de la fotogrametría para la recopilación de datos topográficos contribuye a la reducción de costos. Según la investigación de Solis (2016) en Guatemala, la aplicación de esta técnica con drones en el diseño geométrico de carreteras durante los estudios de prefactibilidad requiere solo el 58.3% de la inversión necesaria en comparación con un levantamiento tradicional utilizando estación total.

1.3.3 Justificación social

La aplicación de fotogrametría en el diseño geométrico de carreteras permitirá beneficiar en gran medida la ejecución de proyectos viales de notable interés social, lográndose concluir los mismos con el empleo de menos recursos económicos y en un menor tiempo del proyectado al emplear métodos y equipos tradicionales de topografía. Asimismo, la aplicación de fotogrametría evitará posibles conflictos sociales en las zonas de emplazamiento de la carretera al contar con la información detallada (ortofotos).



1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

Aplicar la fotogrametría para el diseño geométrico de la carretera de los distritos de Madrigal – Lari de la provincia de Caylloma, región Arequipa.

1.4.2 *Objetivos específicos*

1. Identificar el área de estudio y establecer de un punto geodésico de orden "C".
2. Realizar el levantamiento fotogramétrico según el plan de vuelo a diseñar por etapas, siguiendo la geometría y variación altitudinal de la carretera en estudio.
3. Obtener la nube de puntos densa y ortofotos respectivas del levantamiento fotogramétrico
4. Realizar el diseño geométrico de la carretera de acuerdo al reglamento DG 2018.

1.5 Hipótesis

1.5.1 *Hipótesis general*

La fotogrametría mejora la precisión de los datos topográficos, proporcionando una representación detallada del terreno, facilitando la gestión eficiente de la infraestructura vial.

1.5.2 *Hipótesis específicas*

1. La correcta identificación del área y establecimiento del punto geodésico garantizarán la precisión del levantamiento fotogramétrico.
2. El levantamiento fotogramétrico realizado según el plan de vuelo adaptado a la geometría y altitud de la carretera proporcionará datos precisos y detallados para el análisis del terreno.



3. La obtención de una nube de puntos densa y ortofotos de alta resolución aumentará la exactitud del modelo del terreno.
4. El diseño geométrico basado en datos fotogramétricos cumplirá con las normativas y optimizará la planificación vía.

1.6 Variables e indicadores

Variable Independiente: Aplicación de la fotogrametría.

Indicadores:

- Georreferenciación.
- Altura de vuelo.
- Tamaño del pixel del terreno GSD.
- Rutas de vuelo.
- Captura de imágenes.

Variable Dependiente: Diseño geométrico de la carretera.

Indicadores

- Precisión del punto geodésico.
- Densidad de la nube de puntos.
- Resolución de la ortofoto.
- Calidad del diseño geométrico.



1.6.1 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operación de variables

VARIABLES	INDICADORES	INDICES
Variable Independiente 1. Aplicación de la fotogrametría	1.1 Georreferenciación.	1.1.1 Error absoluto (mm)
		1.2.1 Altura (m)
	1.2 Altura de vuelo	1.3.1 Resolución (cm/pixel)
	1.3 Tamaño del pixel del terreno GSD	1.4.1 Número de vuelos (N°)
	1.4 Rutas de vuelo.	1.5.1 Número de fotografías (N°)
Variable dependiente 2. Diseño geométrico de la carretera	1.5 Captura de imágenes.	
	2.1 Precisión del punto geodésico.	2.1.1 Error absoluto (mm)
	2.2 Densidad de la nube de puntos.	2.2.1 Número de puntos por vuelo (N°/vuelo)
	2.3 Resolución de la ortofoto	2.3.1 Tamaño de pixel del terreno (cm/pixel)
		2.4.1 Índice medio diario anual (N° Vehículos/día)
	2.4.2 Velocidad de diseño (km/h)	
2.4 Calidad del diseño geométrico.	2.4.3 Pendientes (%)	
	2.4.4 Radios de curvas horizontales y verticales (m).	



CAPITULO II

MARCO TEORICO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Primer antecedente*

Pérez, C. & Alvarez, Y. (2022) en la tesis titulada "Fotogrametría con dron para obtención de medidas de Longitud de terreno determinado", señala que actualmente, se han incorporado nuevas herramientas y dispositivos, como los drones, que muchas personas utilizan para diversas actividades laborales o de entretenimiento. Estos equipos facilitan la realización de fotogrametría sobre áreas más amplias, permitiendo obtener imágenes que ofrecen una visualización más detallada de la superficie. El propósito principal es incrementar la eficiencia de los proyectos al basarse en las características específicas de cada área de trabajo.

El objetivo central de este proyecto de investigación es verificar los resultados obtenidos mediante mediciones directas en un tiempo determinado, utilizando una variedad de equipos clasificados como de alta precisión. La combinación entre el uso de drones y las aplicaciones disponibles se convierte en una estrategia eficaz para analizar extensas áreas de terreno de forma ágil y precisa.



A partir de las imágenes capturadas en campo, se generó un modelo tridimensional del terreno, permitiendo obtener datos como medidas, elevaciones y características topográficas. Las técnicas y software modernos ofrecen resultados satisfactorios para quienes necesitan estudios especializados con fotogrametría mediante drones, garantizando la precisión requerida según las necesidades específicas del usuario.

2.1.2 Segundo antecedente

Parra, R. (2019) mediante la investigación denominada "*Modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales*", indica que contribuirá al desarrollo de levantamientos fotogramétricos en vías de comunicación mediante el uso de drones, destacando la relevancia actual de la tecnología en este ámbito. Para llevar a cabo estos levantamientos, es fundamental analizar en detalle parámetros como la planificación del vuelo, la ejecución del vuelo sobre el terreno, la descarga y el procesamiento posterior de las imágenes, así como la generación de productos secundarios. Por esta razón, resulta esencial establecer un método analítico que examine a profundidad cada uno de estos parámetros.

Esta investigación responde a la necesidad de optimizar tanto el tiempo como los costos asociados al análisis de estos parámetros en los levantamientos topográficos realizados mediante fotogrametría con drones, especialmente en estudios relacionados con obras viales.

La planificación y las características del vuelo sobre el terreno son procesos de campo críticos, ya que los datos recolectados son determinantes para obtener resultados precisos y realizar estudios confiables en obras viales. Por otro lado, el procesamiento posterior de las imágenes y la elaboración de productos secundarios se llevaron a cabo en gabinete utilizando herramientas como Agisoft PhotoScan



Professional y Civil 3D, logrando resultados satisfactorios. Los procedimientos mencionados, tanto en campo como en gabinete, han sido validados en esta investigación al compararlos con estudios previos, confirmando su efectividad y utilidad en este tipo de proyectos.

2.1.3 Tercer antecedente

Tacca, H. (2015) en la tesis realizada "*Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional*", dentro de sus decisiones ha comunicado lo siguiente: el presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la obra "Construcción de la Vía Costa Verde, Tramo Callao KM 0+000 al KM 4+987.26", ubicada en la Provincia Constitucional del Callao. El objetivo principal fue realizar la digitalización y vectorización de imágenes de las características del terreno, utilizando una cámara aérea instalada en un vehículo aéreo no tripulado (UAV), comúnmente conocido como dron.

Los datos recolectados en campo mediante el dron Phantom 2 Vision+ y las mediciones obtenidas con una estación total, ambos equipos georreferenciados, muestran resultados comparables. Sin embargo, el uso del dron destaca por ser más económico y versátil, logrando un 95% de confiabilidad. La fotogrametría con el dron Phantom 2 Vision+ permite realizar cálculos de volúmenes y excavaciones en menor tiempo que con una estación total, además de requerir significativamente menos personal en comparación con los métodos tradicionales.

En términos de costos, el método indirecto mediante fotogrametría resulta más económico que el enfoque tradicional basado en la estación total, demostrando ser una alternativa eficiente para la recopilación de datos en proyectos de esta naturaleza.



2.2 Marco Teórico

2.2.1 Fotogrametría

La palabra Fotogrametría se deriva de los vocablos griegos “*photos*” cuyo significado es luz, “*gramma*” que es dibujo y “*metron*” que significa medida.

Por lo que se puede definir a la fotogrametría como el conjunto de procedimientos y métodos por los cuales a partir de una fotografía se puede deducir la forma y dimensiones de un objeto. La aplicación de la fotogrametría a la Topografía constituye el Levantamiento Fotogramétrico (Castañeda & Gonzales, 2019).

Otros autores definen a la fotogrametría como el arte o la ciencia de recopilar medidas confiables de un objeto mediante fotografías con la finalidad de establecer las características geométricas del objeto fotografiado (Braulio, 2005).

2.2.2 Clasificación de la fotogrametría

- Según el tipo de fotografía utilizada:
 - a) Fotogrametría aérea: Emplea imágenes aéreas tomadas por una cámara en una plataforma especial (vehículo aéreo). Donde el eje óptico de esta cámara se encuentra significativamente perpendicular al suelo (Claros et al., 2016).
 - b) Fotogrametría terrestre: se basa en la captura de fotografías desde la tierra, en este caso el eje óptico de la cámara se posiciona horizontal y paralelamente al suelo; tanto la ubicación de la cámara y la del objeto es completamente conocida. Se aplica principalmente en la arquitectura y en la arqueología (Claros et al., 2016).
 - c) Fotogrametría espacial: se emplean imágenes del espacio exterior que son obtenidas mediante cámaras estáticas en la Tierra o desde cualquier sensor remoto enviado al espacio (Zapata, 2004).



- Según el método empleado:
 - a) Fotogrametría analógica: se refiere a la determinación exacta de un objeto en el espacio mediante el uso directo de fotografías aéreas que forman modelos estereoscópicos, a partir de la reconstrucción de un modelo espacial mediante sistemas ópticos o mecánicos (Santos, 2014, p. 6).
 - b) Fotogrametría analítica: al aparecer los sistemas informáticos, este tipo de fotogrametría supuso una revolución, logrando mayores precisiones y un superior rendimiento al reemplazar la analogía mecánica por cálculos matemáticos (Claros & Guevara & Pacas, 2016). Las coordenadas x,y de los puntos relevantes de las fotografías se miden empleando una estereocomparadora integrado en el restituidor. Mediante programas del computador del sistema se procesan dichas coordenadas, asimismo se efectúa el procesamiento de la orientación exterior y interior de modo analítico y el levantamiento de la información del modelo que hizo el operador, para posteriormente colocarla en una adecuada posición ortogonal y por último en una base de datos CAD almacenarlo. (Santos, 2014).
 - c) Fotogrametría Digital: se realizan todos los procesos fotogramétricos empleando ordenadores, permitiendo la obtención automática de modelo de altura, estereoidágenes, modelos tridimensionales entre otros. Para lograr la restitución digital, se introducen en el ordenador las imágenes obtenidas, para que el operador introduzca los puntos fundamentales para el proceso de orientación. La salida en este tipo de fotogrametría puede ser en formato vectorial o raster (Santos, 2014).

2.2.3 Ventajas de la fotogrametría

- Las imágenes presentan estabilidad dimensional, puesto que no existe una manipulación directa, además estas no se ven afectadas por el medioambiente.



- Los variados procesos fotogramétricos son automatizados.
- Mediante ordenadores que presentan mecanismos estándar las imágenes pueden ser medidas y visualizadas, por lo que no existen requerimientos ópticos o mecánicos precisos.
- Los planos topográficos generados no presentan pérdida de detalles, obteniendo una precisión mayor.
- Los costos son menores a comparación con el coste aplicando técnicas tradicionales (Zapata, 2003).
- El trabajo en campo disminuye debido a que la cantidad de puntos de control que se necesitan en la fotogrametría son reducidos.
- Se puede ejecutar este método fotogramétrico en diferentes rangos de escala, dependiendo de los recursos técnicos y económicos disponibles.
- Para elaborar un mapa fotogramétrico se requiere un tiempo menor a comparación con el que se necesita en un levantamiento de data tradicional (Macedo, 2009).
- Debido a que mediante la fotogrametría se pueden medir los objetos sin estar cerca de ellos es posible su aplicación en regiones inhóspitas e intransitables (Arbe, 2016).

2.2.4 Desventajas de la fotogrametría

- La realización de nuevos levantamientos requiere de obtener nuevas fotografías.
- Al ser una técnica poco empleada en nuestro país, aún no se cuenta con la información necesaria para su aplicación masiva.
- Se requiere disponer de un volumen de almacenamiento elevado.
- Se requiere realizar obligatoriamente un control de campo.



- El lugar en el cual se va a efectuar el levantamiento debe ser inspeccionado previamente con la finalidad de identificar los elementos que no logren ser visibles satisfactoriamente (Macedo, 2009).

2.2.5 Aplicaciones de la fotogrametría

Una de las aplicaciones más importantes que presenta la fotogrametría está relacionada con la cartografía, ya que mediante esta se logra obtener planos con escalas diferentes, que permitan una precisión mayor en los detalles puntuales. Asimismo, la fotogrametría puede desempeñar un rol fundamental en el diseño preliminar, ejecución y control en obras de ingeniería (vías, líneas ferroviarias). Mediante esta técnica también se pueden ubicar áreas para la extracción de material (canteras) y sitios para la construcción de túneles, embalses, represas, etc.

En el campo forestal, se puede aplicar la fotogrametría para la delimitación de bosques, el control de enfermedades o plagas, el control de la deforestación, etc.

En la minería, el aporte de la fotogrametría se considera un factor determinante para ejecutar una explotación eficiente y racional, además permite la identificación de reservas probables de mineral.

En el ámbito militar se centra en los estudios de las imágenes obtenidas por distintos sensores remotos. Se emplea la fotogrametría para la vigilancia de territorios, el reconocimiento y desenvolvimiento táctico (Zapata, 2003).

2.2.6 Equipos empleados en la fotogrametría

2.2.6.1 Cámara fotogramétrica

Están diseñadas en especial para realizar tomas fotográficas desde plataformas aéreas, se caracterizan por tener un corto tiempo de exposición. Cuentan con obturadores eficientes, sensibles a longitudes de onda que se encuentran entre el



infrarrojo y la radiación ultravioleta (Neira, 2005, p. 63). Estas cámaras se encuentran calibradas y cuentan con una geometría que permite obtener resultados óptimos y fiables. Ciertos programas de restitución fotogramétrica sugieren parámetros específicos de la cámara que deberá ser empleada según la naturaleza de los proyectos (Claros, Guevara & Pacas, 2016).

2.2.6.1.1 Tipos

- a) Cámaras fotogramétricas analógicas: son aquellas en la que se registra instantáneamente la imagen en una película fotográfica (Vásquez, 2021).
- b) Cámaras fotogramétricas digitales: en este tipo de cámaras el plano focal se sustituye por un sensor con células fotoeléctricas que registra la imagen (Vásquez, 2021).
- c) Cámaras laser: logran obtener exactas mediciones de una muestra de la superficie de la tierra, se considera una técnica óptica de teledetección (Vásquez, 2021).

2.2.6.2 Drone

Se define como aquel vehículo aéreo no tripulado, que puede ser controlado a distancia o proyectar su propio recorrido mediante GPS. Existen dos tipos: en forma de cuadricoptero (propulsado por cuatro hélices) que pueden desplazarse en distintas direcciones o quedarse quietos, y en forma de avión que presentan la ventaja del planeo.

Actualmente los drones llevan dispositivos sensoriales que colectan videos y fotografías en alta definición, que mediante la fotogrametría pueden ser ortorectificados con la finalidad de obtener mediciones (Sani et al., 2014, p. 2).

Los drones se encuentran compuestos por:

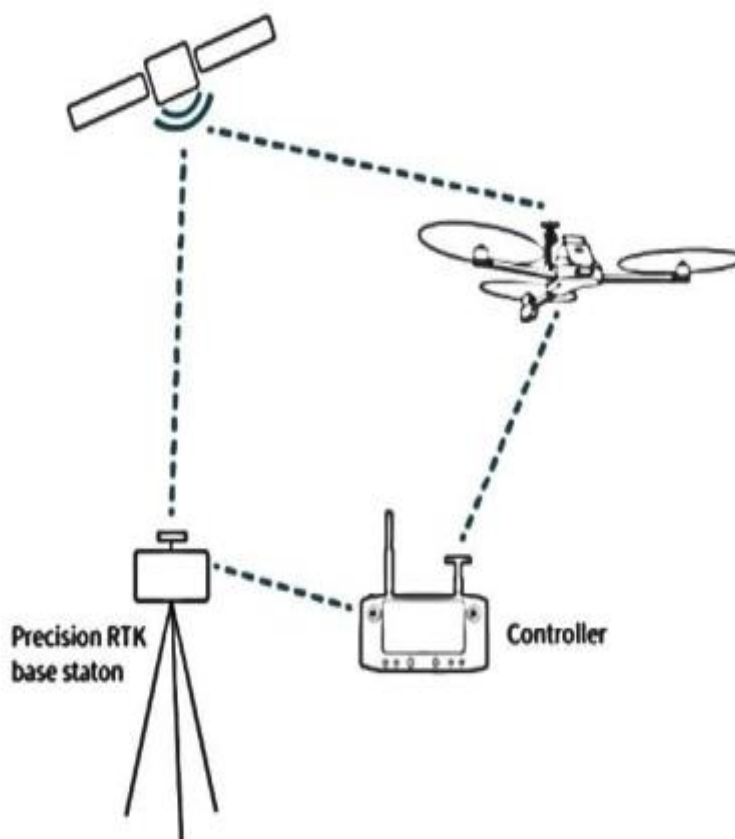


- Sensores: permiten obtener información del medio. Dentro de estos dispositivos tenemos al GPS, Barómetro, Brújula, Flujo óptico, giroscopio, acelerómetro, altimetría.
- Actuadores (motores).
- Procesador.
- Componentes de navegación (emisora y planes de vuelo que determinan la navegación) (Alberto, 2017).
- Cámara
- Batería
- Gimbal: soporte giratorio del drone que da estabilidad y permite el acople de una cámara.
- Telemetría OSD: mediante este se logra monitorear en tiempo real el estado del drone.
- Hélices: permite la elevación del drone (Avalos, 2022).

Metodologías para el levantamiento fotogramétrico con drone

a) Cinemática Tiempo Real (RTK - Real Time Kinematic)

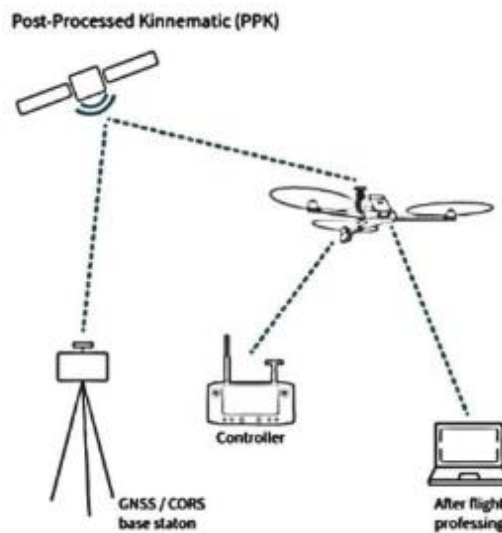
Es una metodología que consta en obtener coordenadas con precisión centimétrica en tiempo real (MGP, 2020) con la finalidad de aumentar la precisión de los datos de posición obtenidos del sistema global de navegación por satélite (Ocsa & Barreda, 2022). Se considera como un método relativo o diferencial. Es empleado para replanteos en tiempo real, así como en levantamientos (MGP, 2020).

Figura 1*Cinemática tiempo real (RTK)***Real-Time Kinematic (RTK)**

Nota: Extraída de Ocsa & Barreda, 2022

b) Cinemática Postprocesamiento (PPK – Post-Processed Kinematic)

Mediante esta técnica se pueden captar datos cuando el drone está en movimiento o cuando se detiene por unos segundos. Luego de la captura y carga de datos del drone, con esta técnica se logra perfeccionar la exactitud de las etiquetas geográficas. Los datos obtenidos son corregidos en Flight Data Manager (FDM) para posteriormente ser procesados en la nube (Ocsa & Barreda, 2022). Se puede aplicar en levantamientos topográficos, ríos, caminos, canales, estaciones topográficas entre otros (MGP, 2020).

Figura 2*Cinemática postprocesamiento*

Nota: Extraída de Ocsa & Barreda, 2022.

2.2.7 Imagen

Se define como aquella representación captada del terreno sobre un plano a partir de un vehículo aéreo que se encuentra equipado con una cámara especializada. Se fundamenta en el principio de percepción fotográfica y se refiere a la propiedad de los objetos para reflejar, dispersar o absorber la luz proveniente del sol y otros elementos emisores de luz.

La luz reflejada por los objetos traspasa por los lentes presentes en la cámara y actúa con variada intensidad sobre la película emulsionada, que es sensible a las ondas del espectro electromagnético.

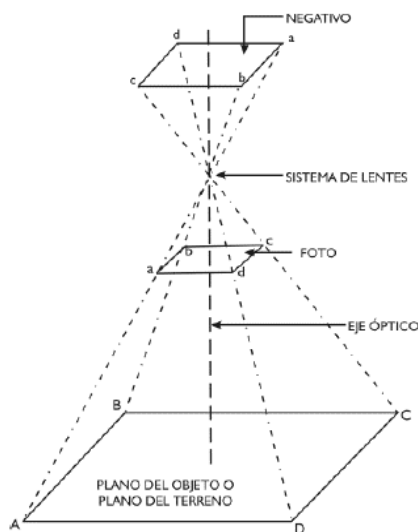
a) Clasificación según la inclinación del eje de la cámara

- Inclinada: el eje óptico de la cámara se encuentra inclinado en relación a la vertical. Esta inclinación debe ser menor a 3° , no obstante, los ángulos de inclinación frecuentemente empleados se encuentran entre los 12° y 18° . Es empleada usualmente en la fotointerpretación. (Zapata, 2004).

- Vertical: en este caso el eje de la cámara es perpendicular al plano del negativo, del objeto y de la foto. Las imágenes captadas en este ángulo son más factibles de ser restituidas. Se emplean en proyectos fotogramétricos (Zapata, 2004).

Figura 3

Fotografía vertical



Nota: Extraída de Zapata, 2004.

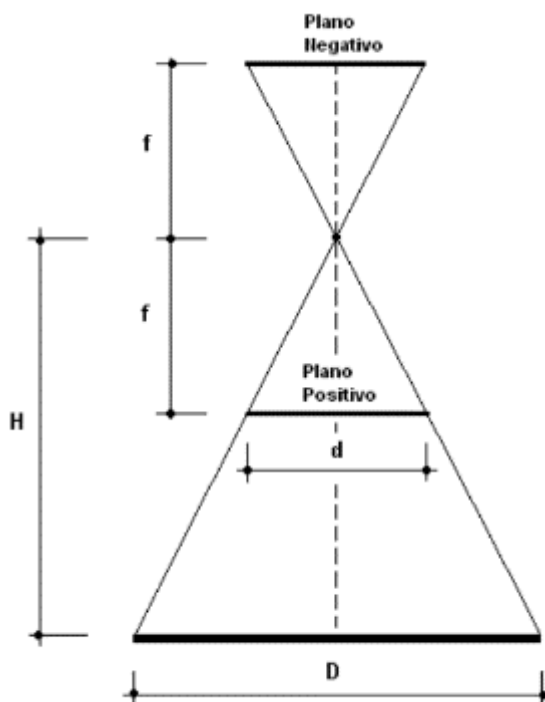
- Oblicua: se emplea para captar imágenes panorámicas del terreno, para ello el eje óptico de la cámara se inclina intencionadamente (Zapata, 2004).
 - Convergente: aquella en la que durante el transcurso de la línea de vuelo el eje óptico de la cámara se encuentra inclinado (Zapata, 2004).
 - Terrestre: el eje de la cámara forma un ángulo de 90° con relación a la vertical que atraviesa el centro óptico (Zapata, 2004).
- b) Elementos
- Distancia principal: comprende desde el centro O de proyección (centro de perspectiva) hasta el plano del negativo y se denota por la letra "f" (Castañeda & Gonzales, 2019).
 - Distancia focal: es la distancia desde el punto focal del plano de la foto hasta el centro de la lente, denotada por la letra "f". En fotogrametría esta distancia

no es igual a la distancia principal, debido a que la cámara fotogramétrica posee una serie de lentes y no solo una lente.

- Altura: abarca la distancia del centro O de proyección al plano del terreno, se denota con la letra "H".

Figura 4

Diagrama de fotogrametría



Nota: Extraída de UNNE, 2011.

- Estación de exposición: es la ubicación que posee O en el espacio durante la exposición fotográfica (Castañeda & Gonzales, 2019).
- Punto nadir: está constituido por el punto de cruce de la vertical que atraviesa con el plano del negativo el centro de proyección O. Se denota con la letra "N" en el terreno y con la letra "n" en la foto (Castañeda & Gonzales, 2019).
- Punto principal: punto donde se intersecta la fotografía desde la línea perpendicular que se proyecta del punto nodal frontal. Se denota con la letra "w".



- Línea principal: es aquella intersección del plano principal con el plano de la foto, el plano de referencia, el plano del negativo, el plano del objeto (Zapata, 2003).
- Isocentro: se define como aquel punto en el que el bisector del ángulo dado por la vertical y por la perpendicular al plano del negativo irrumpe el plano del negativo de la foto. Se denota con la letra "I" (UNNE, 2011).
- Isolinea: es aquella línea del plano de la foto que se encuentra perpendicular a la línea principal que trascurre por el isocentro (Zapata, 2003).
- Escala: es aquella relación que resulta entre la altura de vuelo (H) y la distancia focal (f), en otros términos, sería la relación entre la medida de un objeto en la foto y lo que realmente mide en el terreno. Cabe señalar que la escala no es constante, debido fundamentalmente a que el relieve no es uniforme y a otros efectos relacionados a la toma de vista (UNNE, 2011).

2.2.8 Vuelo fotogramétrico

El vuelo fotogramétrico con UAV (vehículo aéreo no tripulado) tiene que ser constante y estable para conseguir elementos de la imagen posterior, anterior y laterales. Las fotografías tomadas deberán tener una elevada cantidad de solapamiento entre las imágenes (Borja et al., 2021).

Deberá considerarse que antes de realizarse un vuelo fotogramétrico es imprescindible planificarlo considerando todos aquellos factores que puedan interferir en el vuelo para evitar errores o atrasos. Se puede dividir en tres etapas un proyecto fotogramétrico:

- a) Planificación del vuelo: Al realizar un vuelo se tiene que efectuar una planificación previa teniendo en cuenta factores como el traslape transversal y longitudinal, la velocidad de vuelo, escala final de la fotografía aérea entre otras (Claros, Guevara & Pacas, 2016).



Es importante contar con información de la zona donde se va a realizar el levantamiento fotogramétrico (como el tipo de relieve, vegetación, clima) con el fin de determinar el tipo de drone a utilizar. Asimismo, es fundamental realizar un análisis de los peligros y riesgos del empleo del drone en la zona establecida.

En el caso de efectuar un levantamiento fotogramétrico en una vía, se debe conocer el ancho de la sección con el objetivo de demarcar el ancho de vuelo (Parra, 2019).

- b) Apoyo topográfico: el establecimiento y procesamiento de puntos de apoyo, al igual que la recolección de datos constituye el apoyo topográfico, los cuales permiten asegurar la precisión requerida para el desarrollo de un proyecto.
- c) Ejecución del vuelo: son todas aquellas actividades que se deberán efectuar en la realización de las misiones de vuelo. El vuelo inicia con el despegue del drone, el cual deberá estar ubicado en una zona de preferencia plana sin interferencias. Posteriormente se efectúa el plan de vuelo programado con aplicaciones tales como Litchi, Pix4D Capture, DJI GO 4, etc. La velocidad del vuelo dependerá de la velocidad de captura de imágenes de la cámara acoplada al drone. Las fotografías a obtenerse deberán de tener presente las siguientes consideraciones: el traslape lateral será del 40% mientras que el traslape longitudinal será del 80%. Respecto a la inclinación de la cámara durante la ejecución del vuelo en el caso de vías, se recomienda un ángulo de 90° (totalmente paralelo a la vía), si existen objetos reflectantes como lagunas o ríos se debe mantener un ángulo de 85°. El aterrizaje del drone se realizará en el mismo punto de despegue.
- d) Descarga y procesamiento de la información: incluye la descarga de fotografías del drone a la computadora, calibración y orientación de las fotos, proceso de generación de nube de puntos, georreferenciación de puntos en el software, creación de malla y generación de ortofotografía.



2.2.9 Puntos de apoyo fotogramétrico

2.2.9.1 Puntos de control

Son aquellos puntos que poseen una ubicación determinada sobre la corteza terrestre. Al armar un bloque fotogramétrico se puede ubicar puntos de control para no realizar levantamientos innecesarios de puntos en el campo (Barragán, 2015). Estos puntos deben poseer las siguientes características:

- Tener una apropiada dimensión que coincida con la escala de la foto.
- Ser fáciles de identificar en todos los fotogramas que figuren.
- Debe cumplir con los parámetros de distribución, para ello la zona en la que han de estar se debe marcar antes de la salida de campo.
- Deben ser numerados con una denominación que sea única en referencia al fotograma que forma parte (Quirós, 2014).

Para ubicar estos puntos se puede emplear un GPSd (Sistema de posicionamiento global diferencial), logrando obtener las coordenadas de los puntos al centímetro de exactitud. Del mismo modo, se puede hacer uso de la topografía convencional empleando la estación total, con esta se puede obtener una precisión al milímetro.

La cantidad y dispersión de puntos depende de las características y distribución de la misión de vuelo, así como del total de fotografías que se necesitan para cubrir toda el área (Claros, Guevara & Pacas, 2016).

Para el caso de obras viales se deben ubicar puntos de control con una separación de 50 metros longitudinales con un mínimo de 3 puntos (Parra, 2019).

2.2.9.2 Punto de control geodésico

Son marcas materializadas en la ubicación del proyecto en desarrollo, estas marcas son georreferenciadas para definir la posición de un objeto en un sistema de



coordenadas (Dolores, 2017). De acuerdo al IGN (Instituto Geográfico Nacional), con la finalidad de tener un marco de referencia geodésico unificado, los trabajos relacionados a la georreferenciación deberán realizarse acorde a la Red Geodésica Nacional. Estos puntos de control geodésicos son clasificados como se indica a continuación (IGN, 2015):

- Punto geodésico orden "0": orden empleado en proyectos en lo que se necesite de una precisión de 4.00 mm a un nivel máximo, en estudios de deformación global y regional de la superficie terrestre.
- Punto geodésico orden "A": orden aplicado para trabajos que requieran una precisión de 6.00 mm a un nivel máximo.
- Punto geodésico orden "B": destinado a trabajos de alta precisión en ingeniería, en geodinámica o en estudios cuyo nivel de precisión requerido no exceda los 8.00 mm.
- Punto geodésico orden "C": este orden se emplea para establecer un mayor control en las zonas rurales y urbanas, garantizando el desarrollo de grandes proyectos de ingeniería, que requieran de una precisión de 10.00 a un nivel máximo.
- Puntos de apoyo (PFCH): estos puntos son empleados para el control de estudios o trabajos de ingeniería básicos, cuyo nivel máximo de precisión no supere los 10.00 mm.

2.2.9.3 Puntos de chequeo

Son aquellos puntos sobre el terreno, que son empleados para estimar el error de la fotogrametría (Fernández, 2019, p. 9).



2.2.10 Producto fotogramétrico

2.2.10.1 Nube de puntos

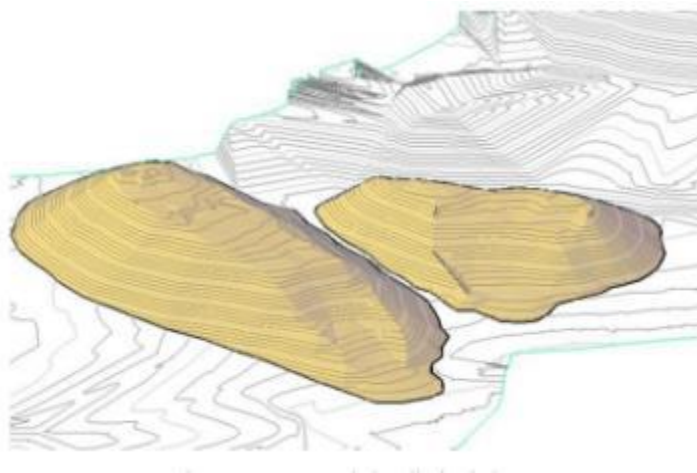
El primer producto que resulta de la fotogrametría digital es una nube de puntos tridimensional, la cual está compuesta por varios puntos posicionados en tres dimensiones, logrando formar una entidad física y representando su superficie exterior con gran precisión. Esta nube de puntos posee una vasta información métrica de las superficies que son escaneadas. La finalidad primordial de obtener una nube de puntos tridimensional es el obtener productos rápidos de mejor calidad con gran nivel de detalle a un menor costo, disminuyendo el tiempo de planificación o elaboración del proyecto (Borja et al., 2021). Las nubes de puntos son generadas principalmente por softwares fotogramétricos o por escáneres 3D que miden múltiples puntos en la superficie exterior de los objetos circundantes. (Ccapa & Robles, 2022, p. 40)

2.2.10.2 Modelos digitales 3D (MDE, MDT, MDS)

- Modelo digital de terreno (MDT): es la representación del relieve de un terreno sin considerar la vegetación o alguna estructura existente. Para un MDT las coordenadas x, y, z de los puntos significativos son los datos más básicos. Con la finalidad de lograr una mayor exactitud del relieve del terreno la grilla o cuadrícula que formen los puntos deberá ser más densa, logrando obtenerse además perfiles, vistas panorámica, curvas de nivel, etc. (Quirós Rosado, 2014).

Figura 5

Modelo digital de terreno (MDT)

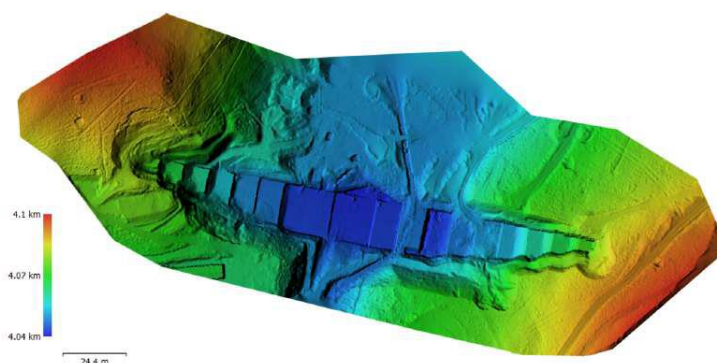


Nota: Extraído de Vasquez, 2021.

- Modelo digital de superficie (MDS): en este caso el modelo incluye las edificaciones existentes y la vegetación (Quirós Rosado, 2014).
- Modelo digital de elevación (MDE): es aquel modelo en el que se representa de la altitud su distribución espacial. La generación de este modelo digital a partir de una imagen aérea presenta ciertas ventajas, puesto que el vuelo se puede planificar anticipadamente, además según la altura del vuelo se puede modificar la resolución espacial de los datos. Es imprescindible contar con una amplia y sólida red de Puntos de Control (Mendez & Jimenez, 2012).

Figura 6

Modelo digital de elevación



Nota: Extraído de Ccapa & Robles, 2022.



2.2.10.3 Ortofotografías

Son creadas a partir de una fotografía que conserva toda su información y cuyas propiedades geométricas corresponden a los planos. Lo que permite combinarlo con datos cartográficos o SIG, para producir ortofotoplanos, o que se pueda colocar encima de un modelo 3D para crear un modelo virtual. Estas imágenes presentan una escala fija en todos los puntos posibilitando las mediciones sobre esta (Barragán, 2015). Al ser una representación exacta de la superficie es posible medir reales distancias, luego de haber pasado por un ajuste para la inclinación de la cámara, del relieve topográfico y la distorsión del lente (Smith, 1995).

2.2.11 Software empleado en fotogrametría

Uno de los softwares más empleados en la actualidad en el ámbito de la fotogrametría es el Agisoft Metashape, debido a que es práctico, dinámico y sencillo de usar. Además, por su velocidad de procesamiento y su ligereza no es necesario un computador de última generación (Agisoft Metashape, 2019). Otros softwares utilizados en menor medida en la fotogrametría son: Pix4Dmapper, Autodesk ReCap, ArcGis.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Carretera

Vía diseñada para el tránsito de vehículos motorizados, cuyas características geométricas cumplen con los requisitos establecidos en la normativa técnica vigente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2008).

2.3.2 Diseño geométrico de vías

Este diseño está compuesto por tres elementos de dos dimensiones (alineamiento horizontal, alineamiento vertical y diseño transversal) que son ejecutados



cada uno de ellos de forma individual, pero con cierto grado de dependencia entre sí. Al unir estos tres elementos se obtiene un elemento tridimensional correspondiente a la carretera (Condori et al., 2016).

2.3.3 Levantamiento fotogramétrico

Es aquel levantamiento que utiliza fotografías aéreas o terrestres que fueron capturadas con una cámara métrica, la finalidad de este levantamiento es obtener medidas del objeto fotografiado o de la superficie terrestre (IIEG, 2019).

2.3.4 Puntos de Apoyo/Control Fotogramétrico

Son puntos visibles en las fotografías aéreas que son empleados durante la restitución fotogramétrica para efectuar la orientación absoluta (IIEG, 2019).

2.3.5 Vuelo fotogramétrico

Vuelo realizado para la captura de fotografías aéreas con el fin de posteriormente generar la cartografía mediante la fotogrametría, o para la interpretación de una parte de la superficie terrestre (IIEG, 2019).



CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 Nivel de investigación

Podemos denominar a esto una investigación descriptiva, ya que nuestro objetivo principal era definir los diferentes grados de gravedad de los fallos en el pavimento. Este nivel se identifica como descriptivo porque se basa en la recopilación de datos de campo y en su interpretación mediante ayudas visuales como tablas, diagramas, gráficos de barras y similares.

3.2 Diseño de la investigación

La ruta objeto de estudio, la carretera Madrigal-Lari, no será objeto de ningún experimento durante el proceso de recopilación de datos. Es posible alcanzar este objetivo sin intentar modificar las variables ni siquiera tocarlas. El objetivo principal de esta investigación es determinar la funcionalidad de la carretera en su estado actual.

3.3 Tipo de investigación

Con esta estrategia, podremos analizar la carretera entre Madrigal – Lari, y proporcionar datos valiosos para la toma de decisiones sobre futuras reparaciones y mantenimiento.



3.4 Método de investigación

Examinaremos el estado del pavimento flexible de la ruta Madrigal-Lari utilizando fotogrametría. Esta evaluación se llevará a cabo con un dron a una altura. Para ello, se elaborará un plan científico.

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

Será la carretera Madrigal – Lari, de la provincia de Caylloma y departamento de Arequipa.

3.5.2 Muestra

Para este estudio, utilizaremos una muestra representativa única recogida a lo largo de la ruta Madrigal-Lari, en la provincia de Caylloma, departamento de Arequipa.

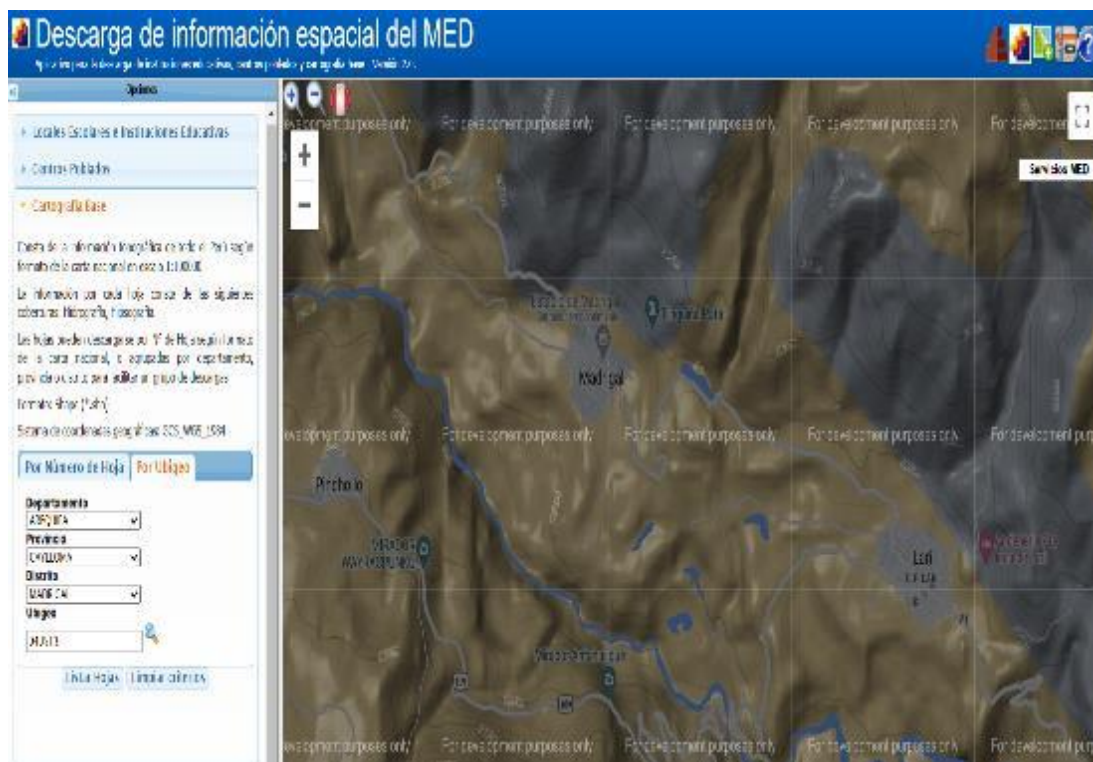
3.6 Identificación del área de estudio y establecimiento de un punto geodésico de orden “C”

3.6.1 Ubicación y localización del área de estudio

Para obtener la ubicación y localización del área de estudio se optó por visitar la siguiente página: <http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/>, de la cual se puede obtener información y realizar descargas de ubicación de centros poblados y cartografía, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 7

Cartografía del área según la plataforma del MINEDU



De la página mencionada se obtiene la siguiente información sobre el proyecto que posteriormente serán necesarios para la obtención del código del punto geodésico:

1	DEPARTAMENTO:	<i>AREQUIPA</i>
2	REGION:	<i>AREQUIPA</i>
3	PROVINCIA:	<i>CAYLLOMA</i>
4	DISTRITO:	<i>MADRIGAL</i>
5	UBIGEO:	<i>040513</i>

Figura 8

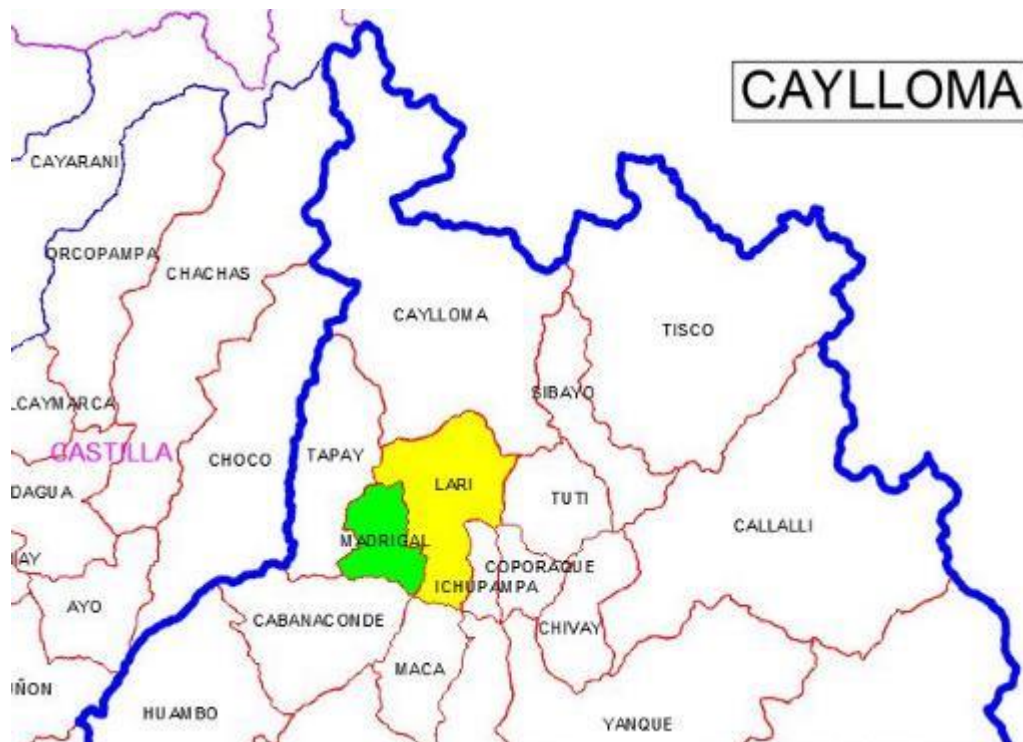
Mapa político del departamento de Arequipa, donde está localizada el área de estudio.



Nota: Extraído de <https://mapapolitico.webnode.es/arequipa/>

Figura 9

Mapa de ubicación del proyecto en los distritos de Madrigal – Lari, provincia de Caylloma.



Con la información obtenida de la ubicación y localización del proyecto, se prosigue a obtener la información topográfica del proyecto las cuales servirán para la ubicación espacial del proyecto que posteriormente se usara para la planificación de vuelos de Dron y certificación del punto geodésico al IGN, la información obtenida se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 2

Información topográfica del proyecto

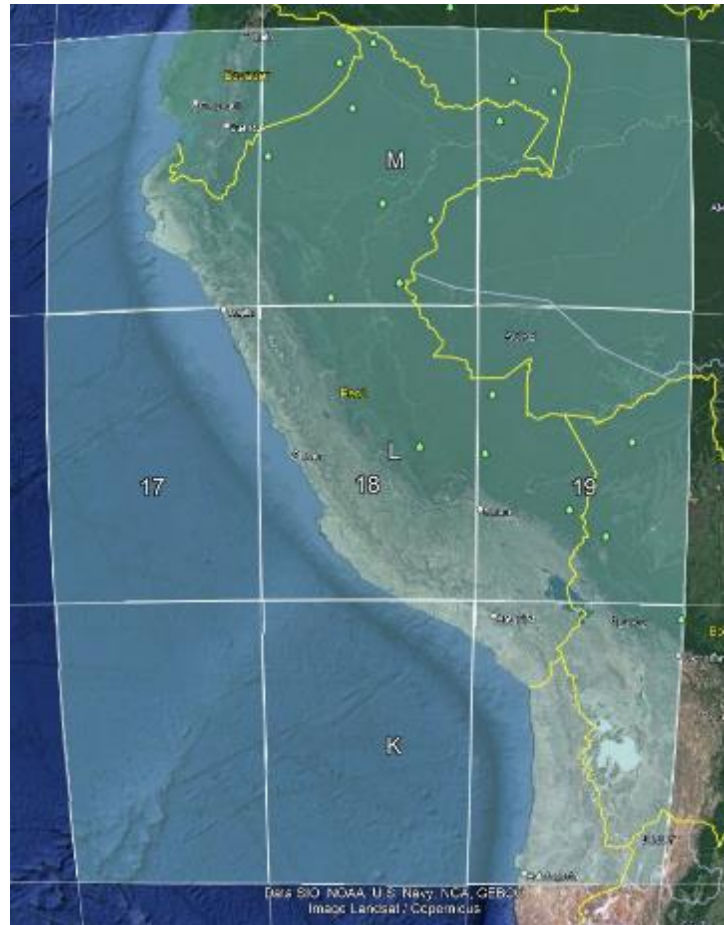
FUENTE DE INFORMACION TOPOGRAFICA		
A	SISTEMA DE COORDENADAS:	<i>PLANAS</i>
B	SISTEMA DE PROYECCION CARTOGRAFICA:	<i>UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR – UTM</i>
C	DATUM:	<i>WORLD GEODETIC SYSTEM, DATUM WGS-84</i>
D	ZONA DE PROYECCION:	<i>19S</i>
E	CUADRICULA UTM:	<i>L</i>
F	CARTA NACIONAL:	<i>32-S 1/100000</i>
G	UBIGEO:	<i>040513</i>

Para el apartado “A” se entiende por sistema de coordenadas que esta referido o asociado a la Tierra por medio de un Datum Geodésico, los cuales son parámetros que nos ayudan a definir la posición de un punto en relación a la Tierra. Existen 2 tipos de sistema de coordenadas:

- Coordenadas proyectadas o planas.
- Coordenadas Geográficas.

Figura 10

Coordenadas proyectadas o planas



En la anterior figura se puede observar que nuestro territorio nacional se encuentra ubicado en 6 cuadrantes (considerando las aguas territoriales), asimismo se identifican 3 Husos UTM o zonas UTM: 17, 18 y 19.

El sistema de coordenadas proyectadas o planas representa a la tierra como "Plana", inevitablemente se producen deformaciones que afectan a su forma, área, distancia y dirección. El sistema de proyección que se usa en nuestro país es UTM (*Universal Transversal Mercator*) el cual minimiza las deformaciones en las proyecciones.

Para el apartado "B" se usará el sistema de proyección plana UTM, ya que este minimiza las deformaciones en las proyecciones sobre un plano.



Para el apartado "C" en el Perú se usan actualmente dos tipos de DATUM las cuales son las siguientes:

- DATUM WGS – 84 (*WORLD GEODETIC SYSTEM*)
- DATUM PSAD 56 (Provisional Sudamericano 56)

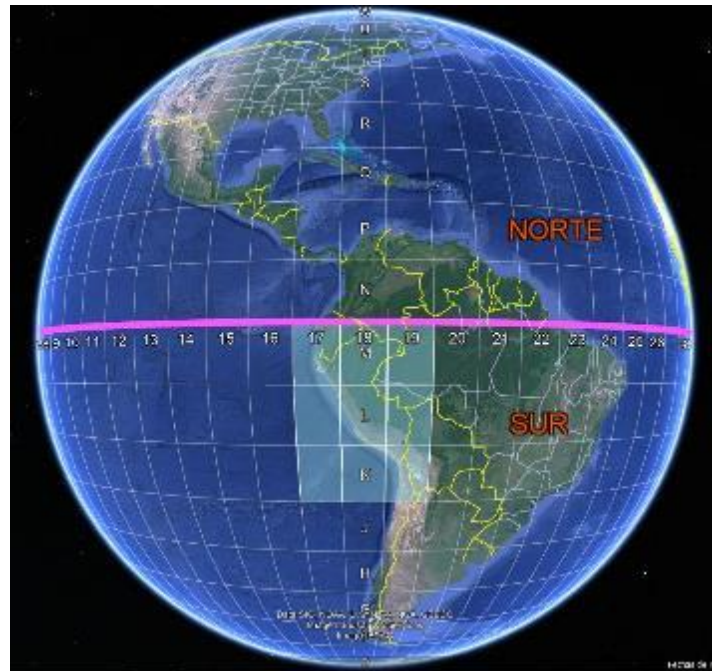
El Datum WGS-84 es un sistema de coordenadas que permite localizar cualquier punto sobre la tierra sin la necesidad de otro sistema de referencia, corresponde a un datum satelital (geocéntricos) definidas mediante orbitas de los satélites, es el sistema que se está estandarizando a nivel mundial que data desde el año 1984, es utilizado para definir las coordenadas geodésicas y que cuenta con un elipsoide de revolución asociado, hay varios tipos de elipsoide, pero los que se usan en nuestro país es el EGM-96 y EGM-08 siendo este último el más usado para el procesamiento de puntos geodésicos.

El Datum PSAD 56 corresponde a un datum local (no geocéntrico) es decir el modelo matemático era escogido de tal manera que sea lo más tangente posible a una determinada región o continente, para localizar un punto sobre la tierra es necesario tener otro sistema de referencia. En el Perú y a nivel de Sudamérica se usó este datum para la obtención de mapas y planos catastrales que actualmente se usan, pero con la necesidad de estandarizar la ubicación y localización de los proyectos se está dejando de lado dicho datum.

Para el apartado "D" existen dos zonas de proyección las cuales se muestran en la siguiente figura:

Figura 11

Hemisferios del planeta Tierra separados por la línea ecuatorial



El Perú se encuentra en el hemisferio sur, es por ello que toda información topográfica tendrá lugar en la zona 19S.

De igual manera para el apartado “E” como se observa en la Figura 11, el Perú se encuentra entre los paralelos M, L y K, para nuestro proyecto en estudio se encuentra en la cuadrícula “L”.

Para el apartado “F” es necesario tener información topográfica previa, la cual nos servirá para ubicarnos dentro del proyecto y sobre todo planificar todos los trabajos concernientes al diseño geométrico de carreteras aplicando la fotogrametría. En la web existen diversas páginas que nos brindan información de cartas topográficas, en esta ocasión se usara la página oficial del IGN (<https://www.idep.gob.pe/>):

Figura 12

Cartas topográficas disponibles a una escala 1/100 000



Nota: Extraído de <https://www.idep.gob.pe/>

La página del IGN brinda información gratuita como son las cartas topográficas, límites Departamentales, Provinciales y Distritales, esto con la finalidad de ubicar y localizar cualquier proyecto de inversión que se realice en cualquier parte de territorio nacional, está dividido en cuadrículas de 100km x 100 Km los cuales son los recuadros de color verde. Para el área en estudio, el proyecto se encuentra en la carta 32S, solo con hacerle un click dentro del recuadro del área de interés se abrirá un link donde podremos descargar la carta topográfica en formato pdf o jpg, para nuestro proyecto lo descargaremos en formato jpg ya que tiene mejor resolución.

Figura 13

Cuadrícula 32S perteneciente a los distritos de Madrigal y Lari

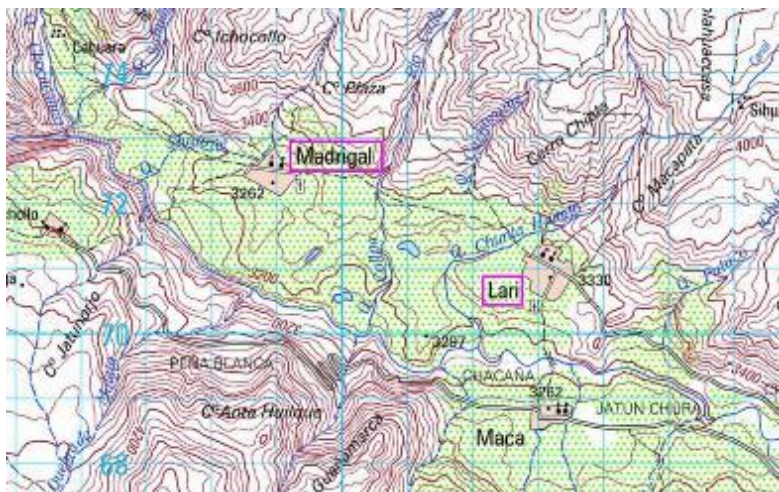


Nota: Extraído de <https://www.idep.gob.pe/>

Una vez descargado la cuadrícula se procede a identificar dentro del plano el área de interés o ubicación del proyecto, ya que la carta topográfica con escala 1/100 000 es muy extensa. Se obtendrá la siguiente figura una vez realizado este paso:

Figura 14

Plano topográfico del área del proyecto de investigación



Y por último para el apartado “G” se obtendrá el UBIGEO las cuales son siglas oficiales compuesto por dos dígitos por cada nivel de subdivisión del Perú (Departamento, Provincia y Distrito). Para nuestro proyecto de investigación se usará el UBIGEO: 040513, el cual significa que el “04” hace referencia al Departamento de Arequipa, el “05” provincia de Arequipa (Caylloma) y por último el “13” hace referencia al distrito de Madrigal.

3.6.2 Inspección in situ y verificación del área de estudio

El área en estudio es la carretera que une los distritos de Madrigal – Lari, dicha carretera tiene una longitud de 5.61 km aproximadamente, como se mencionó anteriormente los proyectos de esta índole requiere la monumentación de un punto geodésico de orden “C”, para ello se tuvo que hacer una inspección en campo con los recursos económicos, humanos y logísticos que involucra el proyecto de investigación.

La trocha carrozable que une actualmente los dos centros poblados estaba contemplado en un proyecto anterior que estaba a cargo del Gobierno Regional de Arequipa, pero por el cambio de autoridades, falencias en el expediente técnico y falta de presupuesto para culminar dicho tramo es que la municipalidad distrital de Madrigal requiere que dicho tramo sea culminado en el menor tiempo posible y sobre todo saber las áreas que serán afectadas al momento de ejecutar el proyecto, y para que el poblador agricultor entienda de la mejor manera la magnitud del proyecto y como influirá la construcción de dicha carretera en sus terrenos es que se tiene la necesidad de realizar el estudio topográfico con Drone, ya que este equipo topográfico nos da información del relieve del terreno a detalle en poco tiempo y los trabajos de gabinete como es la obtención de ortofotos, DEM nos permitirá presentar el proyecto de la mejor manera al agricultor. El recorrido de la trocha carrozable se muestra en la siguiente figura:

Figura 15

Trocha carrozable que une los Distritos de Madrigal – Lari



3.6.3 Obtención del código del punto geodésico del IGN

El IGN cuenta con un servicio web donde se puede solicitar un código para el punto geodésico, dicha página es la siguiente: <https://app15.ign.gob.pe/certificacion/>. La plataforma se muestra en la siguiente figura:

Figura 16

Plataforma del IGN



Nota: Extraído de <https://app15.ign.gob.pe/certificacion/>

Se procedió a crear una cuenta para poder acceder a la plataforma, luego se colocó los siguientes datos de la ubicación del proyecto de investigación:

- DEPARTAMENTO: Arequipa
- PROVINCIA: Caylloma
- ORDEN DEL PUNTO: Orden "C"

De acuerdo al IGN nos sugiere que para el desarrollo de proyectos de inversión básicos de ingeniería y desarrollo urbano que requieren una precisión a un nivel máximo de 10 mm, se tiene que usar un punto geodésico de orden "C".

Figura 17

Solicitud de códigos para puntos geodésicos

SOLICITUD DE CÓDIGOS PARA PUNTOS GEODÉSICOS	
INFORMACIÓN DE SOLICITANTE:	N° Solicitud: 000002978
PERSONA NATURAL JURÍDICA RESPONSABLE DE LOS TRABAJOS TRABAJOS DE POSICIONAMIENTO GNSS	MATAQUE PUMA JAVIER
TELÉFONO CELULAR	95616000
CORREO ELECTRÓNICO	javier.mataque@ign.gob.pe
CANTIDAD DE PUNTOS GEODÉSICOS	
ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO	
ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO	C
DEPARTAMENTO	AREQUIPA
PROVINCIA	CAYLLOMA
CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO	ARE05331
FECHA DE REGISTRO	20/01/2023
<p>Tener precaución de indicar correctamente la provincia y departamento en la cual se realizará el trabajo, en caso que el código no pertenezca a la provincia y/o departamento en que se realizaron los trabajos, no será certificado.</p> <p>AVISO: El código asignado por el Sistema de Certificaciones, tendrá validez de no mayor a seis (06) meses para su certificación, esto contempla el proceso de levantamiento de observaciones (en caso lo hubiera). El no cumplimiento de lo dispuesto, llevará a la nulidad y anulación de dichos códigos a otros proyectos.</p>	

3.6.4 Ubicación y localización del punto geodésico de orden "C" en el área de estudio

El punto geodésico que se pretende monumentar en campo tiene que estar ubicado y localizado estratégicamente, según la Norma Técnica Geodésica sugiere que el emplazamiento del punto geodésico debe estar libre de obstáculos como, ausencia de tendidos eléctricos como torres de alta tensión, torre de telecomunicaciones, vías y accesos, arbustos, edificios y cubiertas reflectantes (calaminas) y espejos de agua (lagunas), planos metálicos en un radio de 50m del punto geodésico que se pretende emplazar.

3.6.5 Monumentación del punto geodésico

La monumentación del punto geodésico se realizó sobre un pilar de hormigón de 0.40x0.40x0.60m, de acuerdo a las características geológicas del suelo donde se emplazó el punto geodésico, no se requiere colocar aceros corrugados ya que se encuentra en un terreno duro y asegurará su permanencia en el tiempo, la identificación del punto geodésico será una pieza metálica de bronce, tuvo las dimensiones que más adelante se detallará, pero que van conforme a las establecidas por el IGN. A continuación, se muestra la siguiente figura:

Figura 18

Punto geodésico monumentado



3.6.6 *Obtención de datos en modo estático del punto geodésico*

Se le denomina "Modo Estático" cuando el receptor (estación base) permanece quieto durante un largo periodo de tiempo, para nuestro caso estará el equipo estacionado 4 horas, es el método más confiable ya que los resultados obtenidos son de $\pm 5\text{mm}$, la forma en que trabaja el equipo es haciendo una medición o toma de punto a cada segundo durante el periodo antes mencionado para luego ser llevado al programa de post-procesamiento donde se hace un promedio de las lecturas tomadas para así obtener la posición exacta del punto sobre la tierra, en el informe de certificación de punto geodésico se detallara las configuraciones que se aplicaron para dicho levantamiento estático.

Figura 19

Equipo GNSS estacionado en modo Estático



3.6.7 *Samiento del punto geodésico en el programa CGO 2 OFFICE*

GEOMATIC

Una vez culminado los trabajos de campo en donde se monumento un punto Geodésico de orden "C", se procederá a realizar el post - procesamiento de la



información obtenida en campo, para ello existen varios softwares de post - procesamiento de datos GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) como por ejemplo Trimble Business Center, Topcon Magnet Tools, South Geomatics, etc. Para este proyecto se usará el programa CGO 2 OFFICE GEOMATIC, que es un programa diseñado para procesar, ajustar y analizar datos recolectados en campo por los equipos GNSS para posteriormente obtener posiciones de alta precisión para luego realizar en función de dicho punto cualquier trabajo de topografía, esto nos permitirá obtener precisiones milimétricas, dentro de sus múltiples funciones principalmente tenemos: el post – procesamiento de datos GNSS, soporte multi – constelación es decir soporta las principales constelaciones GNSS como GLONASS, BeiDou y Galileo, lo cual es ideal para garantizar precisión en áreas urbanas, también se tiene el procesamiento en modo Estático y Cinético, compatibilidad con varios formatos es decir que puede procesar datos crudos de varias marcas de GNSS esto es muy beneficioso ya los otros software no tienen esta opción, sin embargo para poder trabajar con un equipo GNSS diferente al CHCNAV se tiene que trabajar con datos crudos en formato “rinex” dicho formato es compatible con cualquier software de post – procesamiento.

En conclusión, CGO2 es una herramienta valiosa para el procesamiento de puntos geodésicos, es usado por una gran variedad de profesionales en topografía, ingeniería civil, ingeniería geológica y geodesia, ya que tiene un flujo intuitivo y optimizado para el procesamiento de GNSS y sobre todo garantiza que los datos obtenidos sean correctos.

3.6.8 Elaboración del expediente para la certificación del Instituto Geográfico Nacional IGN

Culminada la etapa del post – procesamiento y obtenido las coordenadas finales de nuestro punto geodésico, se procederá a elaborar un pequeño informe sobre dicho punto, el objetivo de este expediente es señalar todos pasos que se realizaron y

demostrar cómo se llegó a obtener las coordenadas finales del punto, por otro lado tenemos un organismo público del estado que es el Instituto Geográfico Nacional denominado IGN, dicho organismo está especializada en medir y recopilar información de la superficie terrestre, también se encarga de certificar puntos geodésicos, para ello el IGN nos pide enviar una carpeta detallada donde tiene que estar la data y ficha técnica de la estación de rastreo permanente que usamos para generar nuestra línea base, estos datos fueron brindados por el IGN, cabe señalar que a nivel nacional tenemos ERP ubicados en sitios estratégicos, para nuestro proyecto pedimos datos de la ERP AQ-03 que está en el distrito de Aplao, capital del distrito y provincia de castilla, la data de la ERP tiene que ser del mismo día que se realizaron la toma de datos con el equipo GNSS, luego, se tiene que agregar fotos de las etapas de monumentación del punto geodésico, como medidas de largo, ancho y alto, también se debe tomar fotos de vaciado del concreto y por ultimo como quedo terminado el punto geodésico.

3.7 Levantamiento fotogramétrico según el plan de vuelo diseñado por etapas, siguiendo la geometría y variación altitudinal de la carretera en estudio.

3.7.1 Delimitación del área de vuelo del drone y toma de datos de los puntos de control

Para la delimitación del área de estudio, se tuvo que emplear un software desarrollado por Autodesk, el cual es el Infravorks 2023, dicho programa es muy útil para modelar, analizar y visualizar los proyectos que se encuentran en plena concepción y emplazarlo en el contexto del entorno construido y natural para tener una mejor idea de lo que se pretende construir, pero para nuestro proyecto lo usaremos para obtener información topográfica (curvas de nivel). Lo que hace lo diferente de otro software, es que nos da el alineamiento de los accesos existentes y también nos da una topografía detallada de dichos accesos o vías existente, como se muestra en las siguientes figuras:

Figura 20

Espacio de trabajo del programa Infraworks

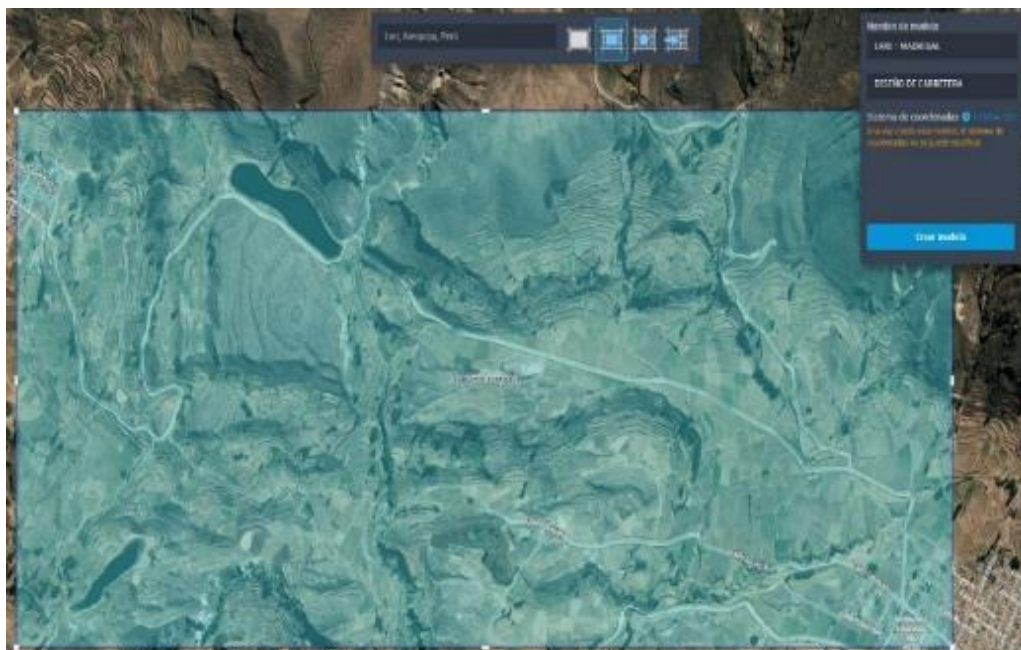
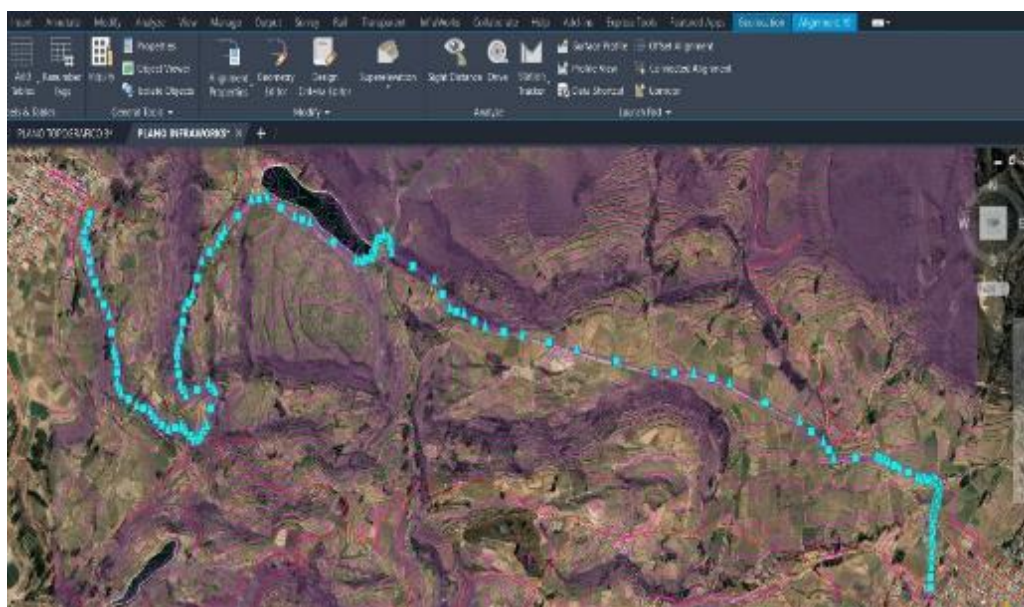


Figura 21

Topografía y alineamiento detallado en el programa Civil 3D 2023



Tamaño del pixel en el terreno (GSD)

En todo vuelo fotogramétrico es importante planificar o calcular el tamaño del pixel en el terreno, el aplicativo del dron “DJI PILOT” calcula automáticamente el GSD del vuelo fotogramétrico, así como se muestra en la siguiente figura:

Figura 22

Altitud configurada para realizar vuelo de drone (50m) y valor de GSD (1.37 cm/pixel)



Sin embargo esto solo se cumple siempre y cuando el terreno sea horizontal o en todo caso no presente muchos desniveles, pero para el caso de carreteras presenta muchos desniveles y estas hay que tomarlas en cuenta para obtener el GSD adecuado, es muy importante tener en cuenta el tamaño del pixel ya que esta nos condiciona para obtener una topografía detallada del terreno, para este proyecto se considerara un tamaño de pixel máximo de 2.8 cm/pixel, para el cálculo del GSD se usó la siguiente formula:

$$\text{GSD} = \frac{(\text{Sw} \times \text{H} \times 100)}{(\text{f} \times \text{imW})}$$

Donde:

- GSD: Tamaño del pixel en el terreno
- Sw: el ancho del sensor de la cámara
- H: Altura de vuelo en metros
- f: distancia focal de la cámara
- imW: ancho de la imagen en pixeles

Según las características del drone Phantom 4 pro V2 tenemos los siguientes datos:

- f : 8.8mm
- imW : 5472
- $Sw = (\text{tamaño del pixel, en mm}) \cdot (imW) = (0.00241228 \cdot 5472) = 13.20 \text{ mm}$

Teniendo en cuenta todos los valores de las variables, la única variable que queda pendiente es el valor de "H" la cual se obtendrá de la siguiente manera:

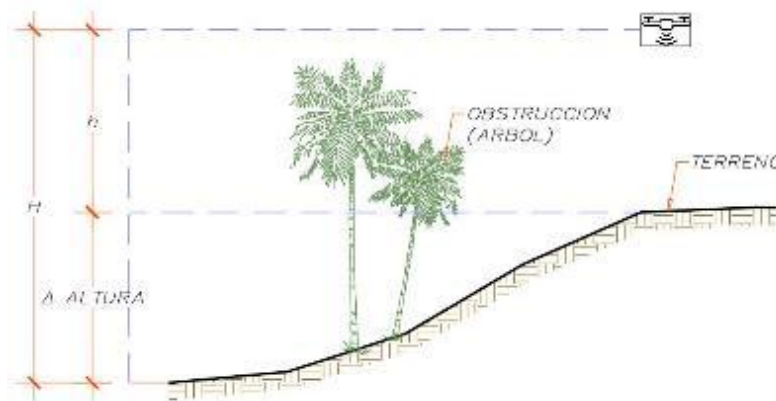
Donde:
$$H = h + \Delta \text{ altura}$$

- H : altura total de vuelo del drone
- h : altura de despegue del drone
- Δ altura: diferencia de altura del terreno

Para tener una mejor idea para el cálculo de la altura "H" se muestra en la siguiente figura:

Figura 23

Esquema para el cálculo de altura H



Como se observa en la figura el valor de Δ se obtiene tomando información en campo, esta nos condicionara a variar también el valor de "h" para no sobrepasar el valor de 2.8 cm/pixel, también hay que tener en consideración los obstáculos que pueden ser árboles, torres de alta tensión, cables, antenas, etc. Teniendo en cuenta todos estos factores nos permitirá calcular de forma exacta el GSD del proyecto que se está planteando.

Para poder planificar cualquier vuelo es importante tener en cuenta la trayectoria que realizara el drone, ya que si no se pone énfasis en este paso podría ocurrir un accidente y por lo tanto se puede perder o caer el drone.

Una vez hecho el recorrido y tomada información de campo, se procede a delimitar el área de trabajo en 6 etapas, dichas etapas están condicionado por los siguientes factores:

- Longitud de vuelo.
- Desnivel del terreno
- Obstrucciones (postes de luz, torres de alta tensión, arboles, etc.
- El GSD máximo que se quiere obtener.
- El clima (velocidad del viento)

Es necesario tener en cuenta la velocidad del viento del lugar, ya que si hay mucho viento puede desequilibrar al drone en cada quiebre que este haga para tomar información de la carretera.

Como se mencionó anteriormente para este proyecto se planteó usar un GSD máximo de 2.8 cm/pixel, para lograr obtener la superficie topográfica a detalle, a continuación, veremos un esquema de los vuelos que se realizará:

Figura 24

Planificación de los vuelos que se va a realizar en función del GSD



La distribución de los puntos de control para cada área de vuelo es variable, pero en general es recomendable tener una distribución homogénea de los puntos de control de todo el bloque, asegurando preferentemente el inicio y final de cada tramo, la distribución de los puntos de control se mostrará a continuación en el siguiente grafico:

Figura 25

Distribución homogénea de los puntos de control para el vuelo de drone



En la Figura 25 podemos observar que en el inicio y fin de cada área de vuelo se colocó 2 puntos de control fotogramétrico, como por ejemplo para el área de vuelo 4 se colocaron 7 puntos de control los cuales son: el punto 12 - 13 al inicio, los puntos 3 - 4 - 5 en el intermedio distribuidas en forma homogénea y los puntos 1 - 2 al final; es muy importante tener en cuenta los puntos de inicio y fin, ya que estas ayudaran al siguiente vuelo, teniendo en cuenta el área de vuelo 4, los puntos de inicio y fin de esta ayudará a las áreas de vuelo N°3 y N°5, para poder lograr y obtener los resultados proyectados es necesario establecer puntos de control en común para cada área de vuelo, de acuerdo a la figura los puntos de control 12 - 13 son puntos de control en común para el área de vuelo N°3 y N°4.

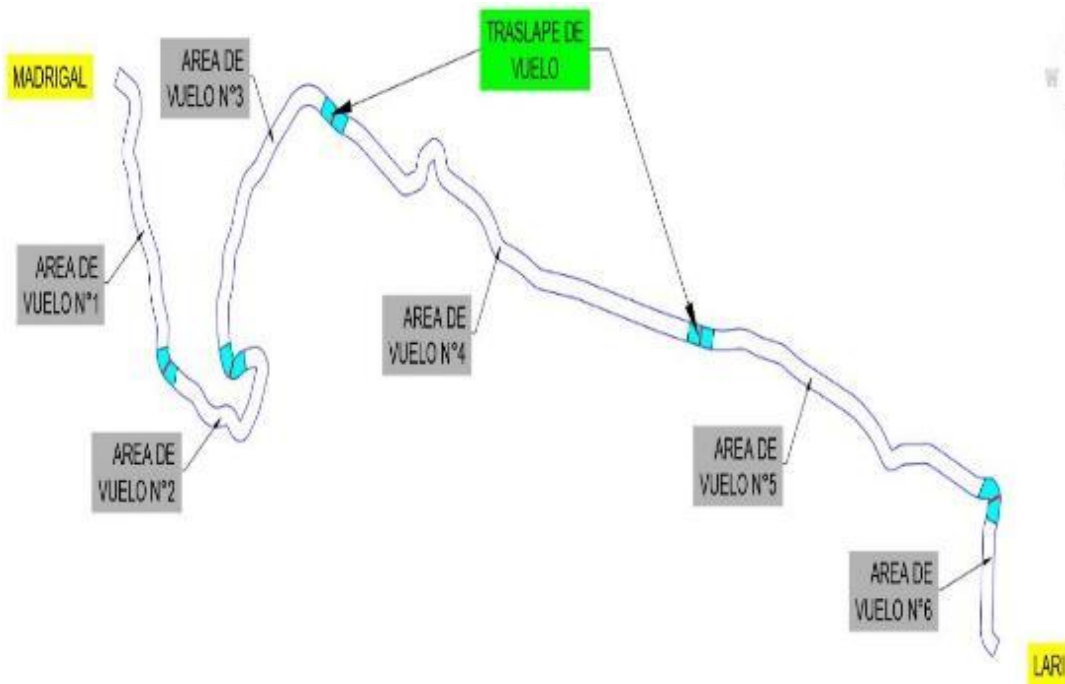
3.7.2 Vuelo de dron para la obtención de curvas de nivel

Una vez establecidos los puntos de control y delimitado las áreas de vuelo se procede a realizar el levantamiento topográfico con dron, previo a este paso es muy importante tener en cuenta el traslape que debe de tener entre las áreas de vuelo, es

decir que el área de vuelo se debe extender un poco más en el inicio como en el final, así como se muestra en la siguiente figura:

Figura 26

Traslape que hay entre cada área de vuelo



Es muy importante generar el traslape de vuelo para poder unir posteriormente en una sola topografía para ello se toma información común entre las áreas de vuelo. Las configuraciones y planes de vuelo realizados en campo se observarán en las siguientes figuras:

Figura 27

Plan de vuelo N°1 a una altitud de 55m con una duración de 7m 34s.



Figura 28

Plan de vuelo N°2 a una altitud de 40m con una duración de 7m 3s.



Figura 29

Plan de vuelo N°3 a una altitud de 60m con una duración de 10m 5s.



Figura 30

Plan de vuelo N°4 a una altitud de 50m con una duración de 14m 53s



Figura 31

Plan de vuelo N°5 a una altitud de 40m con una duración de 15m 20s.



Figura 32

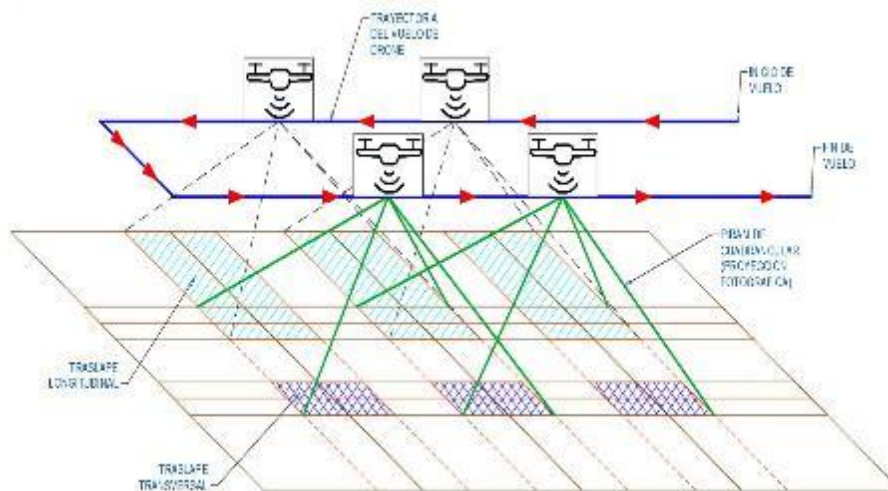
Plan de vuelo N°6 a una altitud de 50m con una duración de 8m 23s.



Otro factor determinante para poder obtener una topografía adecuada es la configuración del traslape longitudinal y traslape transversal, en la siguiente figura se observa con más detalle dichas definiciones:

Figura 33

Traslape longitudinal y transversal



Para todo trabajo de fotogrametría uno de los factores fundamentales para que el trabajo sea eficiente se recomienda siempre usar traslapes longitudinales del 70% y traslapes transversales del 70%, si son áreas pequeñas y el tiempo lo permite se podría usar mayor porcentaje pero tener en cuenta que a mayor traslape en los vuelos implica mayor tiempo de vuelo y más cantidades de fotografías que el dron tomara, en realidad depende también del tipo de precisión y del trabajo que se requiere hacer, como por ejemplo por el amplio uso de la fotogrametría en diversas áreas como por ejemplo proyecto de arqueología, es importante tomar la mayor cantidad de fotos para poder tener a detalle los trabajos obtenidos a través de la fotogrametría. Para nuestro proyecto en estudio usaremos un traslape longitudinal y transversal del 70%.

3.8 Obtención de nube de puntos densa y ortofotos respectivas del levantamiento fotogramétrico

3.8.1 Procesamiento de la información en el programa AGISOFT

METASHAPE

En la actualidad existen varios softwares de procesamiento fotogramétrico que nos permite obtener datos fiables del terreno en su estado natural mediante la

interpretación y medición de imágenes fotográficas, podemos mencionar algunos de estos programas de fotogrametría más conocidos actualmente:

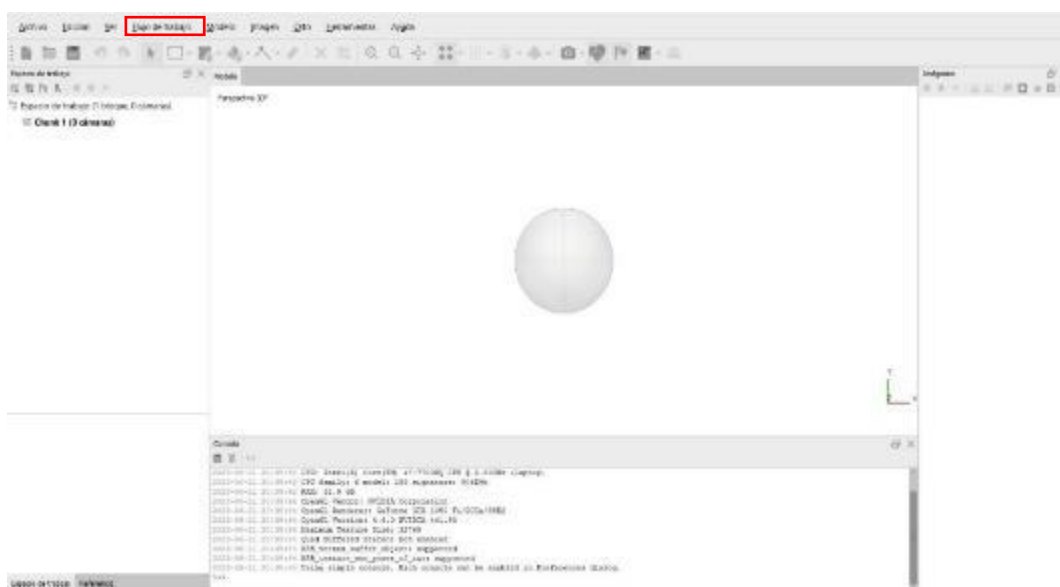
- Recap Pro de Autodesk
- Agisoft Metashape
- Software Bentley Context Capture
- Drone Deploy
- One Drone Map
- Pix4D, etc.

Para este proyecto usaremos el software “Agisoft Metashape” ya que es un programa independiente y su flujo de trabajo es amigable con el usuario, a continuación, se mostrará todos los pasos para el procesamiento fotogramétrico de los levantamientos que se realizaron.

En la siguiente figura se observa el entorno de trabajo del programa Agisoft Metashape, para empezar, nos dirigimos a la pestaña flujo de trabajo.

Figura 34

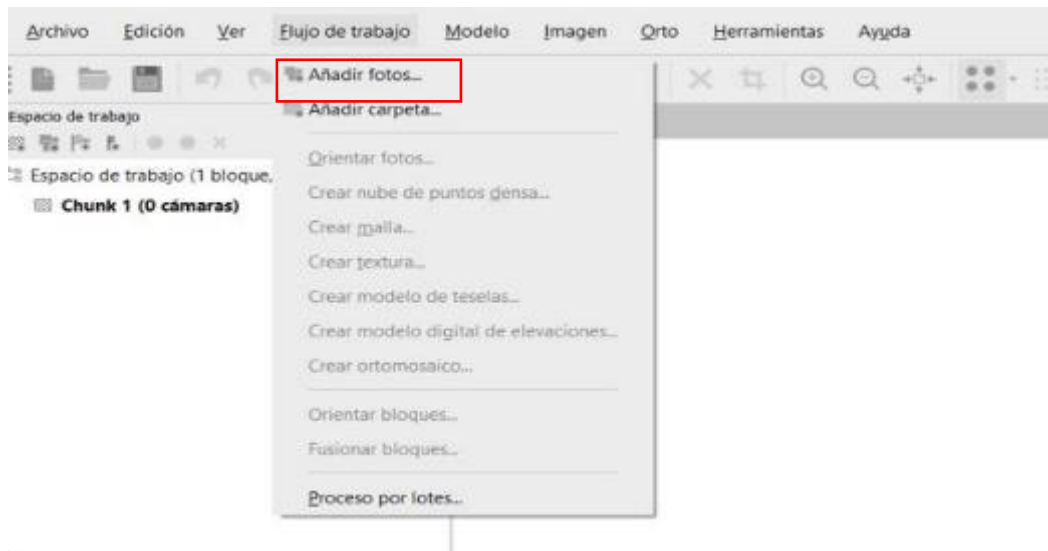
Interface del programa Agisoft Metashape



Luego se despliega una lista donde se muestra el flujo de trabajo que se realizara en forma ordenada, a medida que se cumple con cada paso se habilita los siguientes pasos, procederemos a añadir las fotos del vuelo de drone:

Figura 35

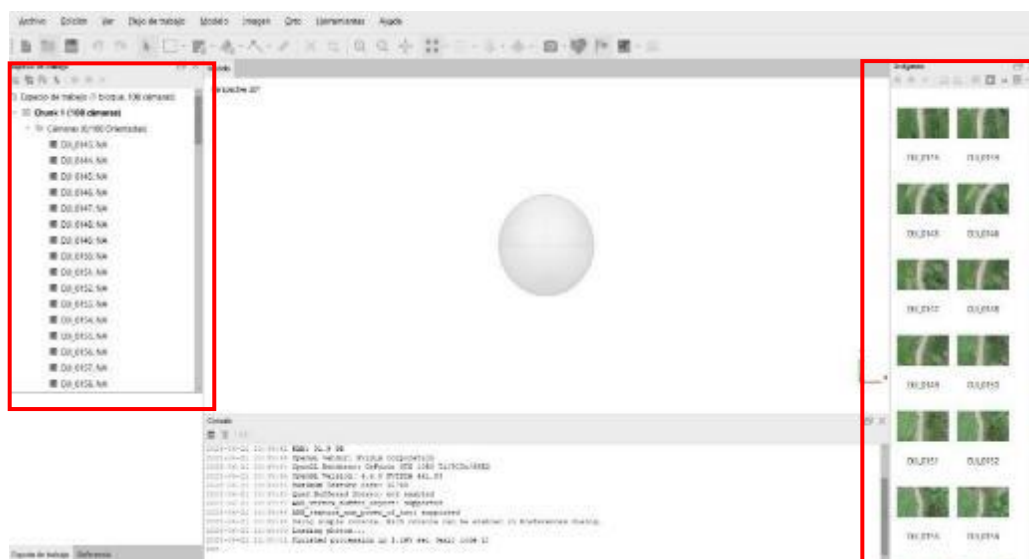
Flujo de trabajo en Agisoft Metashape



Como se observa en la Figura 36 el lado izquierdo esta la lista de las fotos y en el lado derecho se encuentra la imagen de las fotos insertadas.

Figura 36

Adición de fotografías al programa



Luego se despliega la pestaña de flujo de trabajo y se procede a orientar las fotos, aparecerá el siguiente recuadro donde se despliega 5 opciones, es recomendable

utilizar la opción “Alta”, esta opción demandara más tiempo en orientar las fotos, pero garantizara la calidad de trabajo porque permite que el programa encuentre muchos puntos en común entre las fotografías:

Figura 37

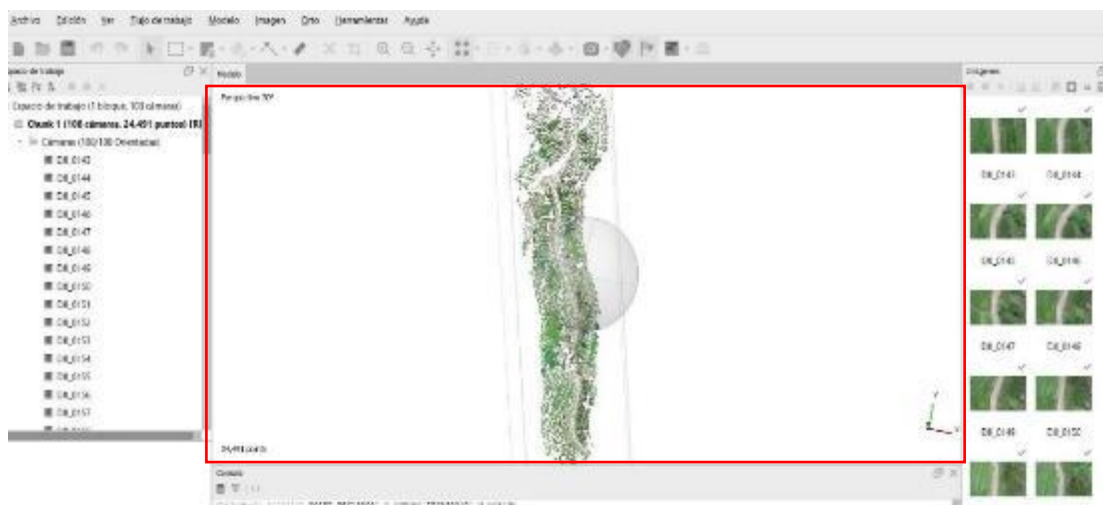
Opción orientar fotos



Una vez concluido el proceso de orientación de las fotografías en calidad alta, en el espacio modelo se puede apreciar el resultado de dicho paso, cabe recalcar que las fotos orientadas se encuentran en coordenadas geográficas, es decir en coordenadas de longitud y latitud, es necesario cambiarlas a coordenadas planas o también más conocidas como coordenadas del sistema WGS-84.

Figura 38

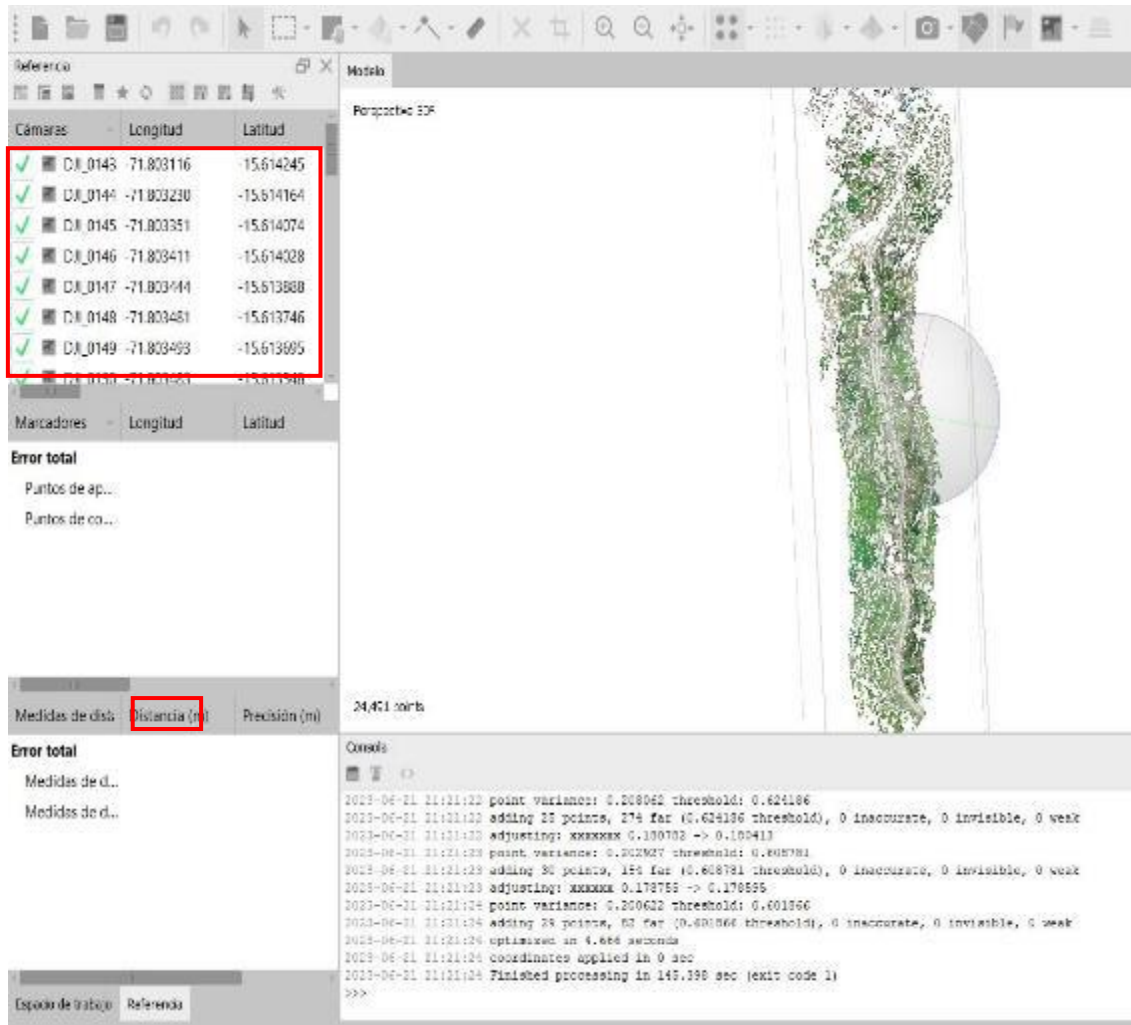
Resultado de la orientación de fotos



Para poder cambiar de coordenadas geográficas a coordenadas planas o UTM se hace click en la pestaña referencia, donde se puede apreciar las coordenadas de las fotografías que se encuentran en grados decimales.

Figura 39

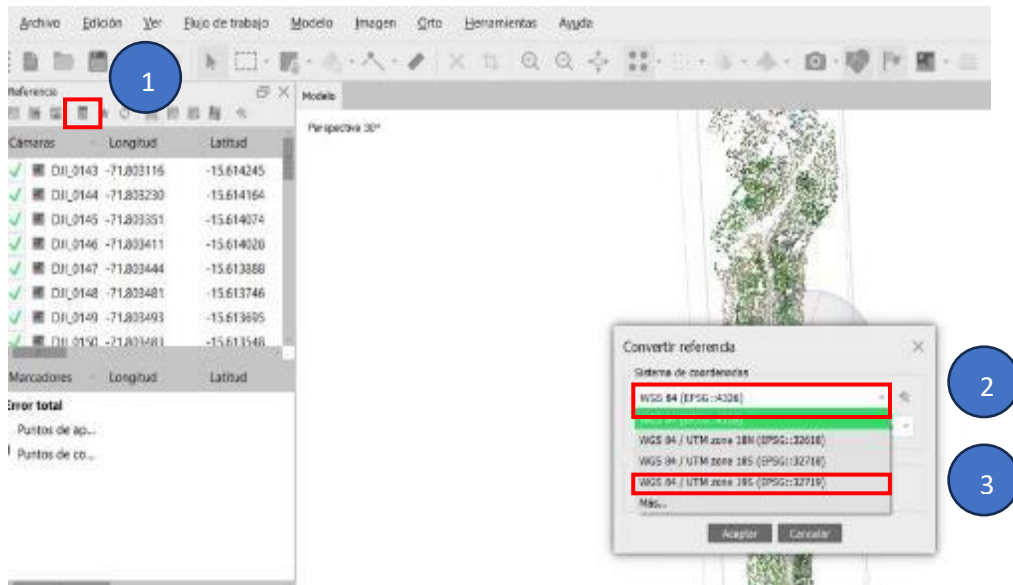
Cambiar de coordenadas geográficas a coordenadas planas



A continuación, elegimos la opción convertir coordenadas (1) y nos mostrara el siguiente recuadro (2) desplegamos la lista, seleccionamos el sistema de coordenadas del proyecto (3), recordar que dichas coordenadas se definieron en el apartado de ubicación y localización del proyecto.

Figura 40

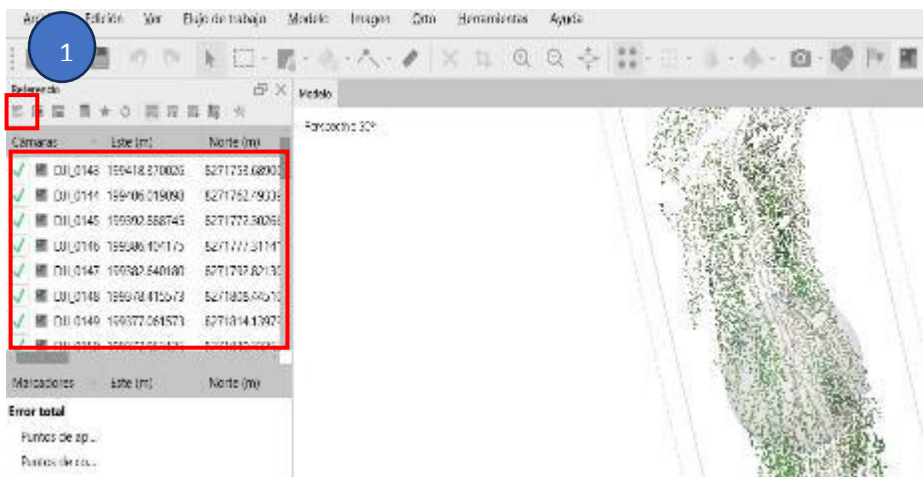
Cambiar de coordenadas geográficas a coordenadas planas



Se observa en la siguiente imagen que cambiaron a coordenadas UTM las fotografías que se tomó con el dron, luego se procederá a importar los puntos de control obtenidos con GPS diferencial (punto 1).

Figura 41

Importación de puntos de control



Una vez elegido el archivo de los puntos de control fotogramétrico nos aparecerá el siguiente recuadro, donde elegimos el sistema de coordenadas, y en el delimitador para nuestro caso será por comas, y en la vista previa se puede apreciar la forma en que será importado nuestro archivo, por la forma en que se encuentra podemos decir que son correctas, luego se presiona Aceptar.

Figura 42

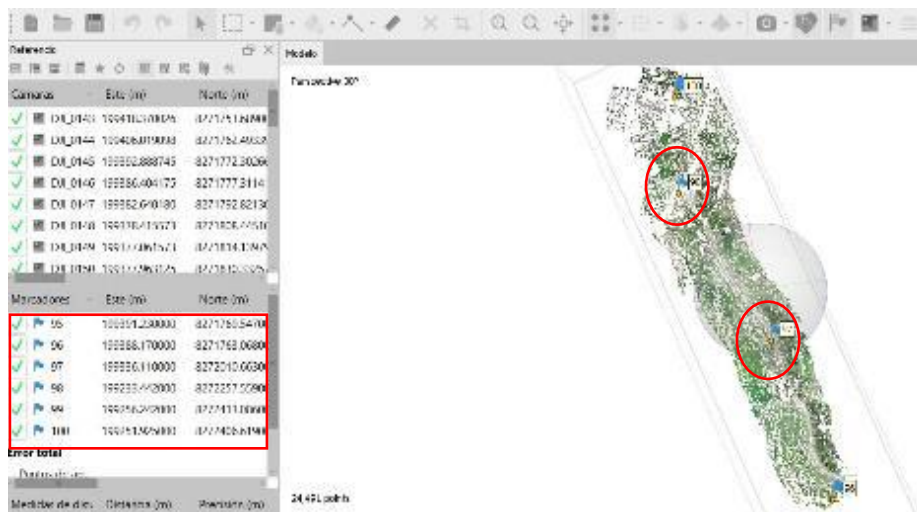
Importar desde archivo de texto



A continuación, en el recuadro rojo ubicado en el lado izquierdo inferior, se observan los puntos que se importaron y en círculos rojos se visualiza la posición de los puntos de control respecto a las fotografías del vuelo de drone.

Figura 43

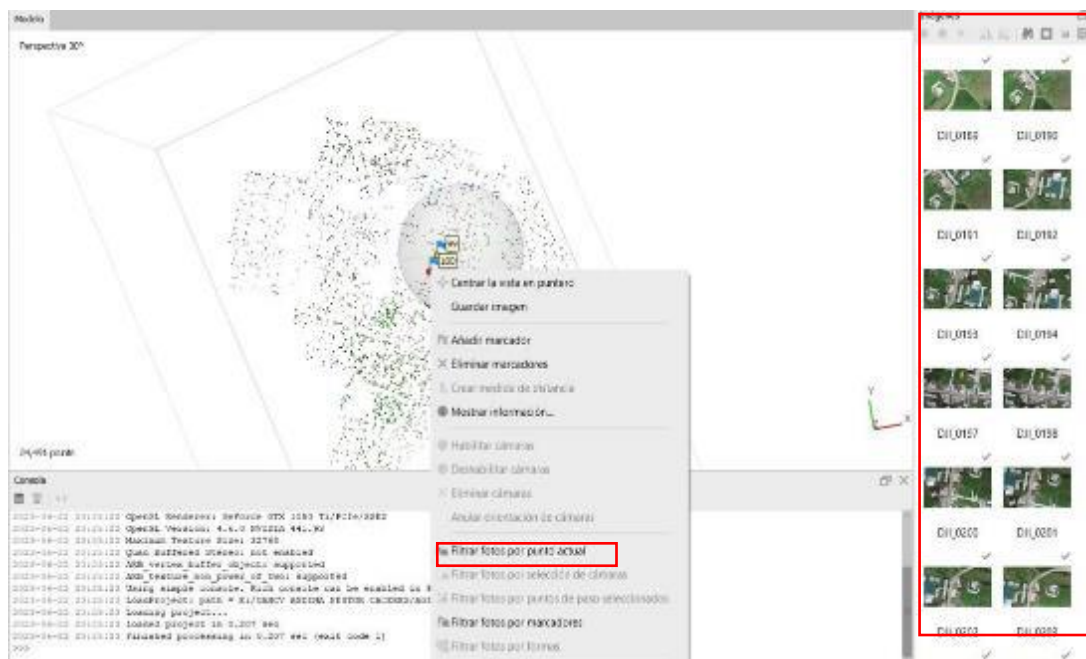
Puntos importados al programa



Luego colocamos el puntero sobre uno de los puntos de control y hacemos click derecho y se despliega una lista de opciones, elegimos la opción “filtrar fotos por punto actual”, lo que hará el programa será seleccionar todas las fotos donde se encuentran dicho punto y se mostrara en el espacio de imágenes que está en el recuadro rojo del lado derecho de la imagen, seleccionamos cualquier de las fotos haciendo doble click en ella.

Figura 44

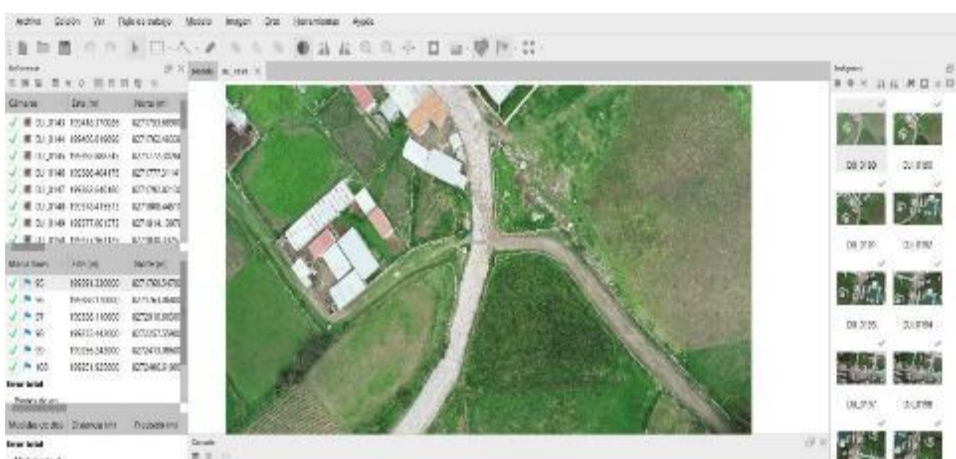
Filtrar fotos por punto actual



Una vez realizado el paso anterior en el espacio modelo nos mostrara la imagen seleccionada en forma general, se tiene que buscar la localización del punto de control seleccionado.

Figura 45

Localización del punto de control seleccionado

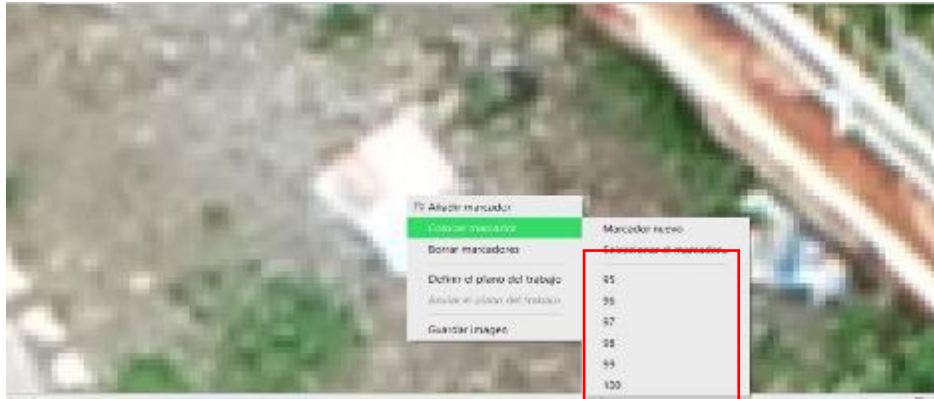


Luego de localizar la ubicación del punto de control se coloca el puntero en la parte central de la marca y se hace click derecho, se desplegará una lista de opciones,

elegimos colocar marcador y como se observa aparecen la lista de los puntos de control, para este caso es el punto 99 hacemos click.

Figura 46

Colocación de marcador



Es importante este paso y se hará de forma repetitiva en todas las fotos que se encuentren los puntos de control, esto con el objetivo de crear un punto en común para todas las fotos donde se encuentran para posteriormente hacer un reajuste en la ubicación de los puntos fiduciales de cada fotografía.

Como se observa en la siguiente imagen una vez realizado el paso anterior dentro de la marca del punto de control aparecerá una bandera de color verde y en el lado derecho, en el espacio de imágenes, las fotografías tendrán también una bandera de dos colores en cada fotografía, una de color verde y otra de color blanca, el color verde indica que la bandera está en el punto central y la de color blanco indica que aún falta modificar la posición dentro de la marca, se tiene que modificar en todas las fotos donde se encuentre el punto de control.

Figura 47

Modificación de marcadores



Cada fotografía que tiene el símbolo de la bandera verde indica que esta culminado, es necesario realizar esto para todos los puntos de control que hayamos importado antes de generar la nube de puntos densa.

Figura 48

Marcadores ubicados correctamente



Como se observa en la Figura 49, se presenta un error de 177.87m, por lo que se tienen que corregir todas las fotos tomadas con el dron en función de los puntos de control, para realizar dicha corrección se selecciona todas las cámaras y se le quita el símbolo de check. En la Figura 50, se observa que las cámaras ya no tienen el símbolo check activado.

Figura 49

Corrección de error

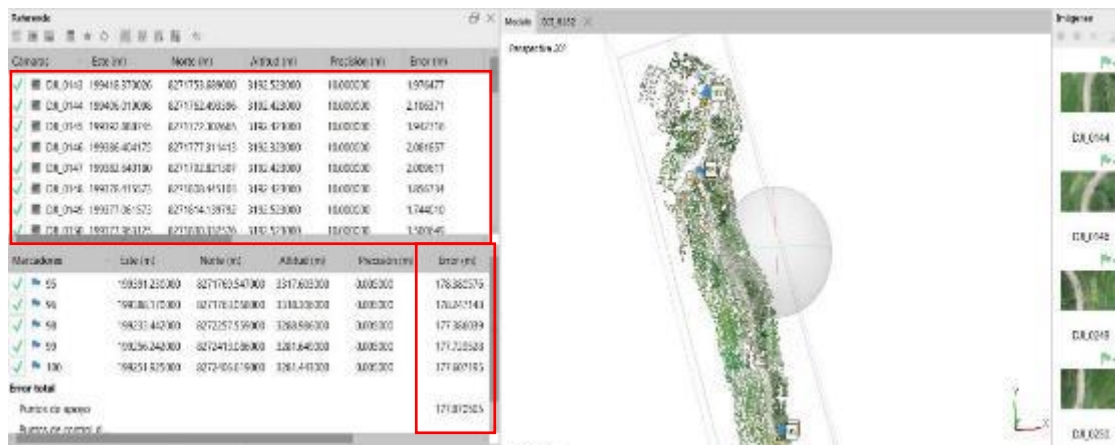
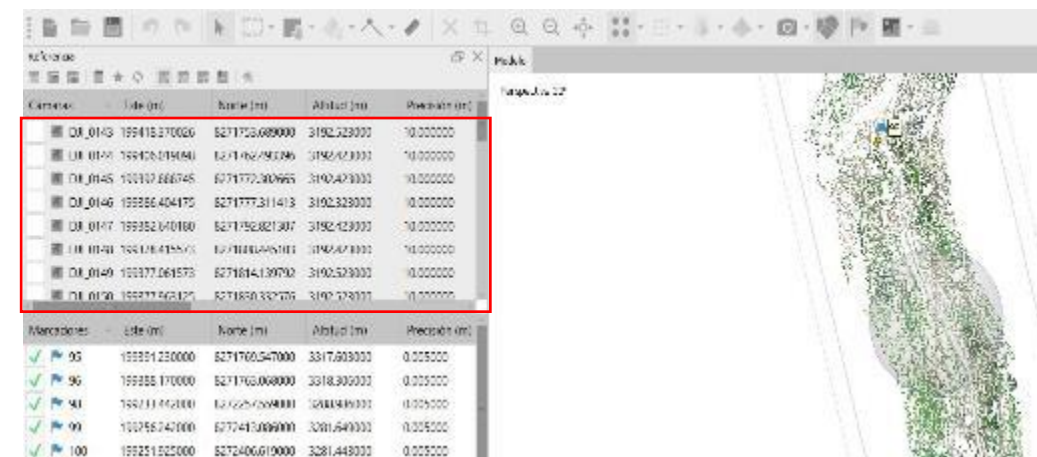


Figura 50

Interfaz del programa



Se procede a hacer clic en el icono de optimizar cámaras (punto 1 de la Figura 51), aparecerá el recuadro de la derecha (optimizar orientación de cámaras), se acepta la configuración que aparece y luego se hace clic en actualizar (punto 2). Como se observa en la Figura 52, el error disminuyó a 0.003863m.

Figura 51

Optimizar orientación de cámaras

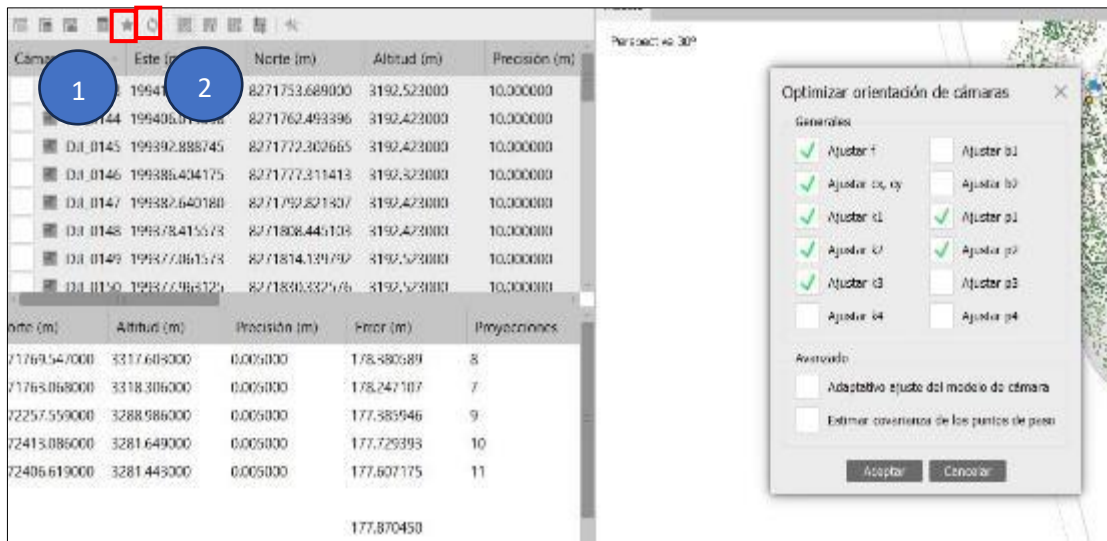
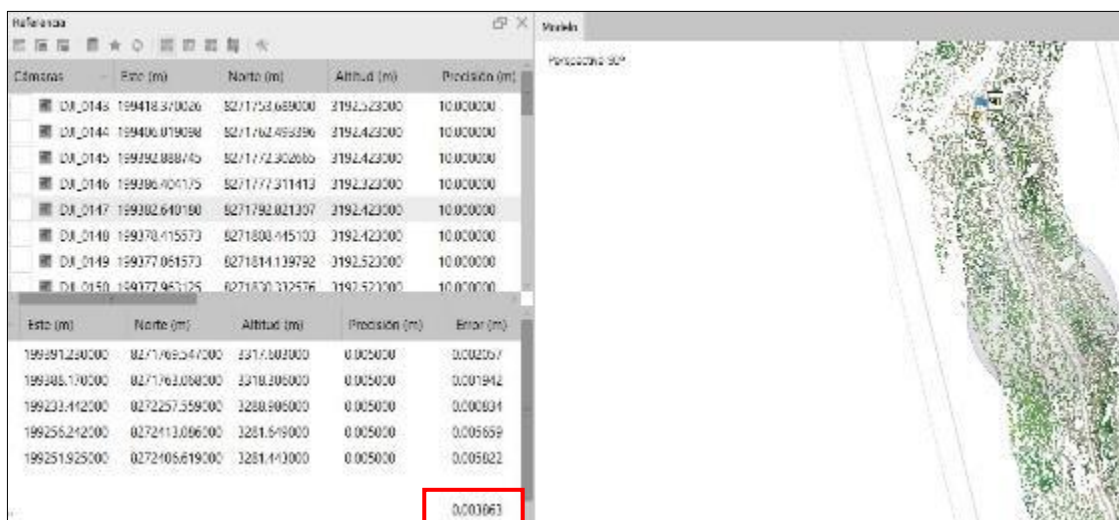


Figura 52

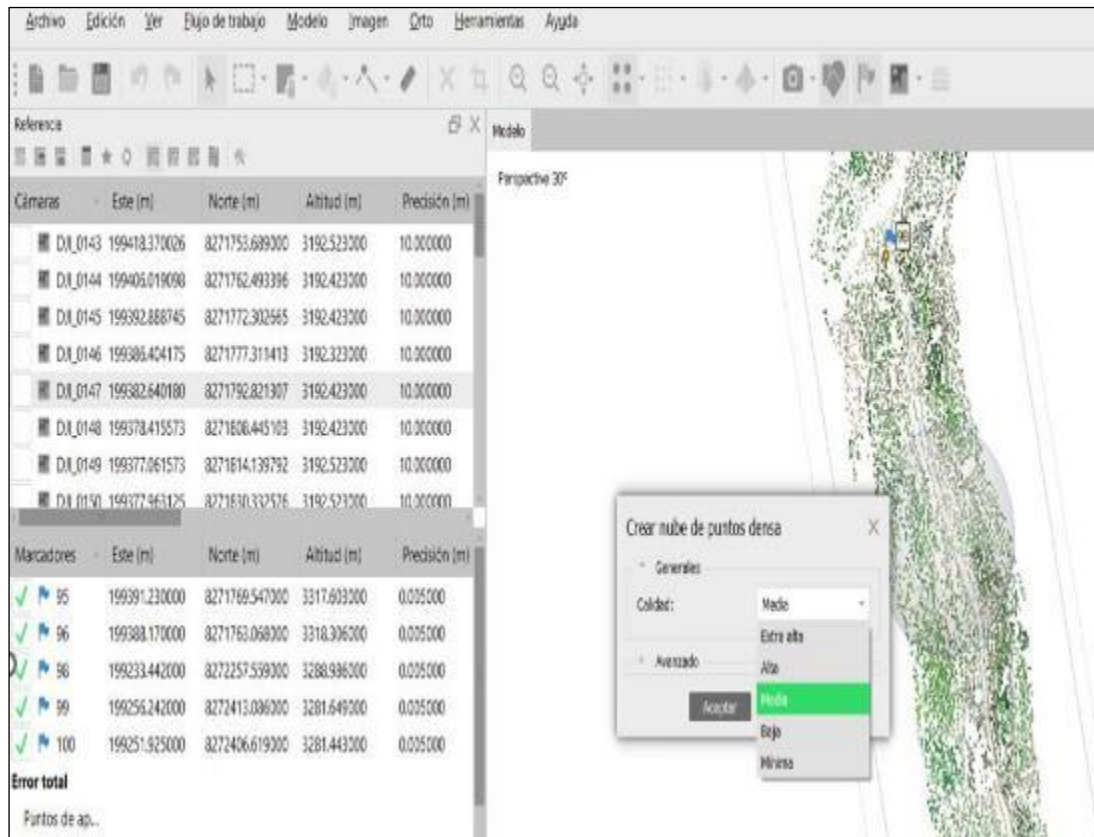
Disminución del error



Luego nos dirigimos a la pestaña flujo de trabajo, desplegamos y elegimos la opción crear nube de puntos densa y nos aparecerá el siguiente recuadro, se recomienda elegir la opción media ya que alta y extra alta demoran bastante y el resultado es bastante similar.

Figura 53

Creación de nube de puntos



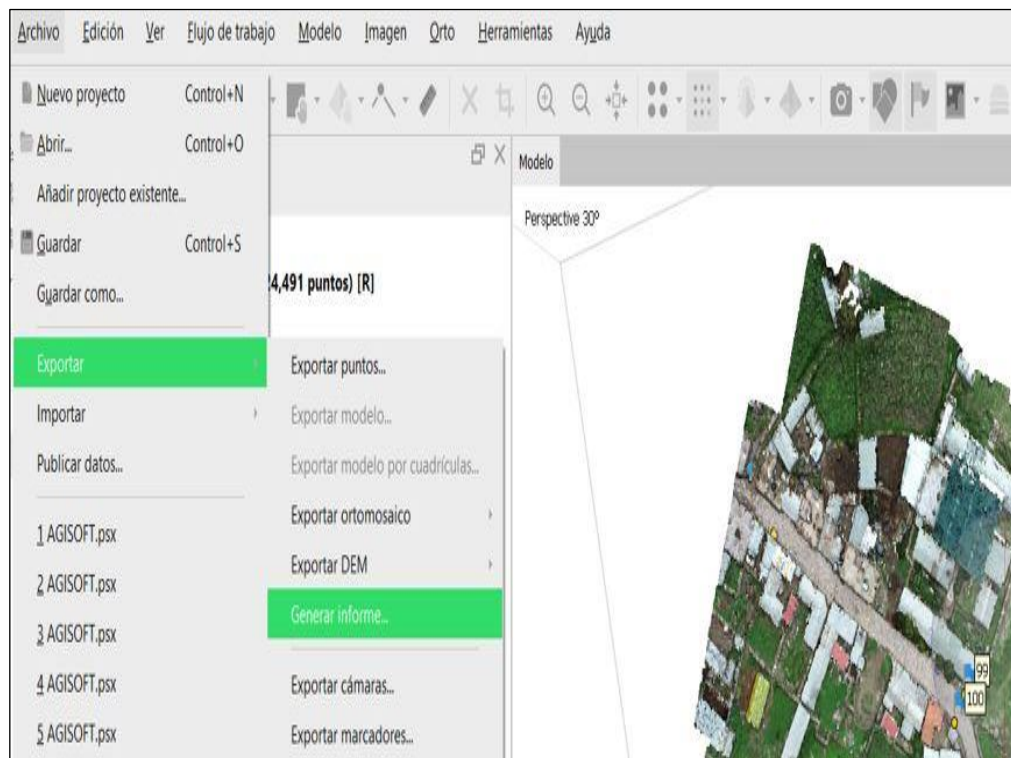
El mismo procedimiento se tiene que realizar con todos los vuelos de drone, se debe tener en cuenta cada paso que se realizó para lograr un buen trabajo topográfico.

Como paso final se desarrolla el proceso de verificación de ajuste, este punto es muy importante ya que es el primer indicador de que nuestro trabajo está bien hecho, si los valores de los errores son altos no es recomendable seguir con los siguientes pasos (los cuales serían generar la malla y crear la ortofoto).

Para generar el informe de proceso de verificación de ajuste se va a la pestaña archivo luego se coloca el puntero en el apartado exportar y se despliega una lista, escogemos generar informe, elegimos en formato pdf y aceptamos, y nos dará el informe, nos dirigimos a puntos de control terrestre.

Figura 54

Generación del informe de proceso de verificación



En el reporte de puntos de control terrestre (Figura 55), se muestra los errores en la coordenada Este (X) coordenada Norte (Y) y elevación o cota (Z) en milímetros, haciendo un análisis a los valores del recuadro se llega a la conclusión que son muy buenos y se pueden dar por aceptados, el mismo procedimiento se realizó para cada uno de los vuelos de dron. Culminada y aprobada esta etapa se puede seguir con los siguientes pasos:

- Clasificación de la nube de puntos densa.
- Generar el Modelo Digital de Elevaciones.
- Generar la Ortofoto.
- Exportar la Nube de Puntos Densa.

Figura 55

Error presente en los tres ejes



Antes de realizar los pasos anteriores, es necesario delimitar el espacio de trabajo que nos interesa, en la Figura 56 se presenta la delimitación que tendrá el eje de la carretera, se está considerado un ancho a ambos márgenes de 20m, un ancho total en estudio de 40m.

Figura 56

Delimitación del eje de la carretera



Del mismo modo se delimitó los 6 vuelos restantes, cabe señalar que es muy importante delimitar correctamente en el área de traslape entre los vuelos, en la Figura 57 se delimitó de la siguiente manera el área de traslape:

Figura 57

Delimitación para el vuelo 1



Figura 58

Delimitación para el vuelo 2



Como se observa en la Figura 57 y Figura 58, es muy importante delimitar correctamente el área de vuelo 1 y 2, se debe tomar como referencia los puntos de control del drone. Si se delimita el vuelo alejado de los puntos de control en la zona de traslape, al momento de unir las ortofotos se generará un desfase, tener en cuenta que en la parte inicial y final de cada vuelo a medida que se aleja de los puntos de control, la ortofoto pierde exactitud por la carencia de puntos de control y porque tanto al inicio como en el final el drone no toma muchas fotografías y al momento del procesar la información dichos tramos no cuentan con datos fiables. El mismo procedimiento se debe realizar para los demás vuelos.

A continuación, se procederá a la clasificación de nube de puntos densa, considerando que cuando se emplea la fotogrametría, al momento de procesar la información se obtiene mucha información que puede resultar contraproducente, en las zonas donde existen árboles que están cerca de la carretera generan curvas de nivel innecesario, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 59

Nube de puntos densa en planta



Figura 60

Nube de puntos densa en perspectiva



Figura 61

Malla de la nube de puntos densa

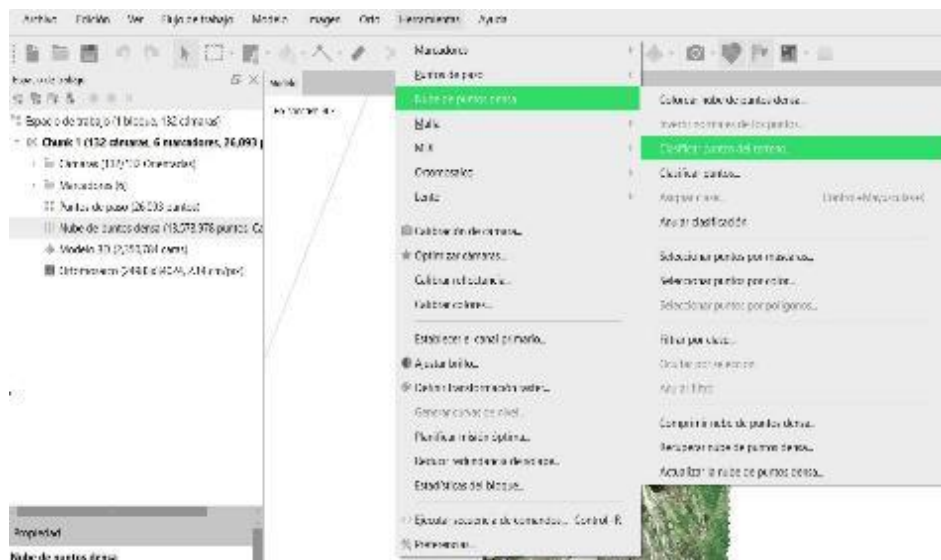


Haciendo un análisis a la Figura 61 podemos observar una de las grandes desventajas al emplear el método de levantamiento topográfico por medio de la fotogrametría, existen 2 opciones para poder superar esta desventaja, en los lugares que tiene mucha vegetación se puede combinar con un levantamiento topográfico tradicional que consiste en tomar puntos en el terreno con estación total o GPS diferencial, el otro método es a través del programa Agisoft, este segundo método tiene sus limitaciones en la cual si todo está cubierto por vegetación no se podrá clasificar los puntos del terreno, pero si esta parcialmente cubierto con vegetación es posible clasificar el terreno natural, para el presente proyecto se usó este método. Para poder

clasificar los puntos del terreno nos dirigimos a la pestaña herramientas, luego nube de puntos densa y hacemos clic en clasificar puntos el terreno

Figura 62

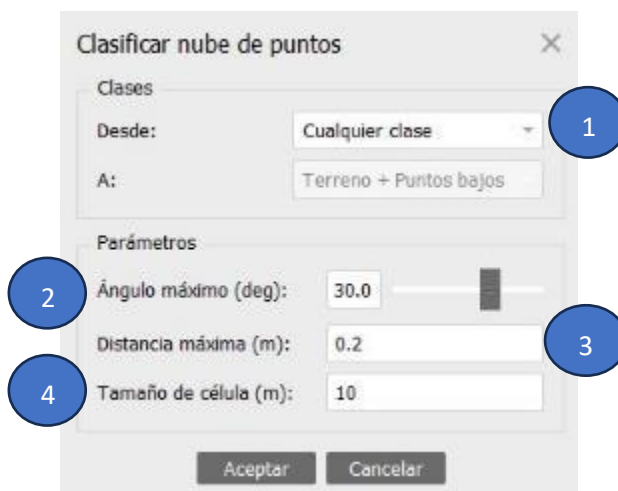
Clasificación de puntos



Aparece el recuadro de la Figura 63, a continuación, se procederá a describir cada apartado:

Figura 63

Clasificación de nube de puntos

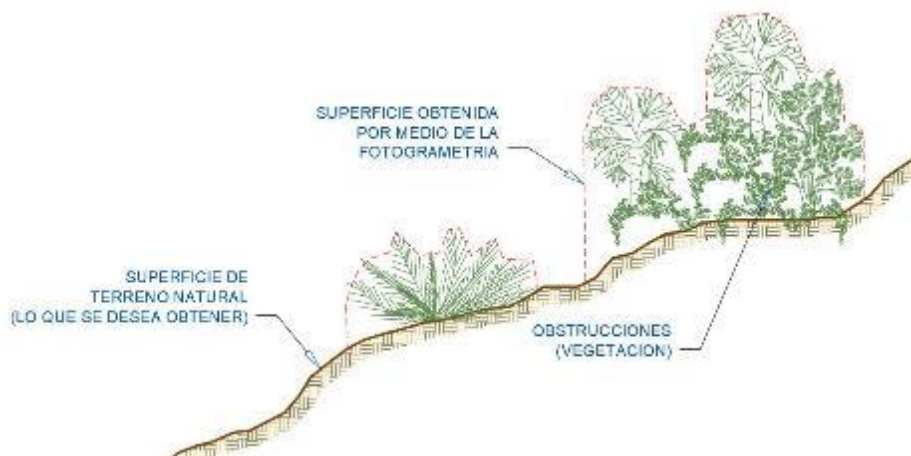


- En el apartado 1 indica en que grupo deseamos colocar la clasificación de la nube de puntos densa, para el proyecto que se está realizando elegiremos la opción cualquier clase.

- En el apartado 2 analizaremos el siguiente gráfico:

Figura 64

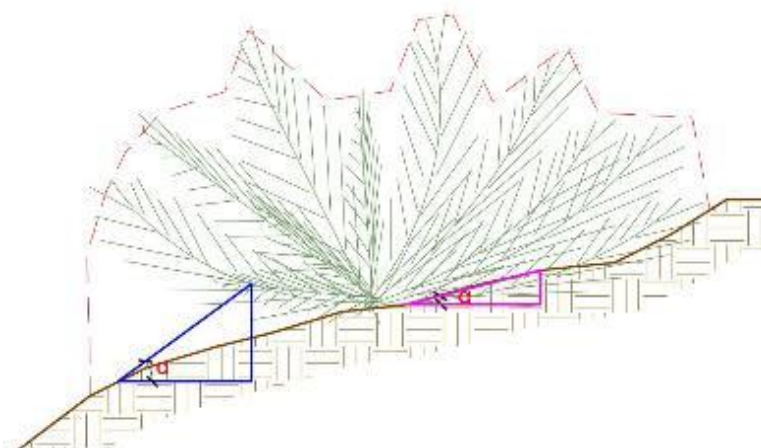
Arbustos considerados como parte del terreno



Hay que tener mucho cuidado para considerar el apartado 2, el objetivo de este paso es limpiar los arbustos que no forman parte del terreno natural el cual se desea obtener, para ello analizaremos la siguiente figura:

Figura 65

Ángulo alpha (α)



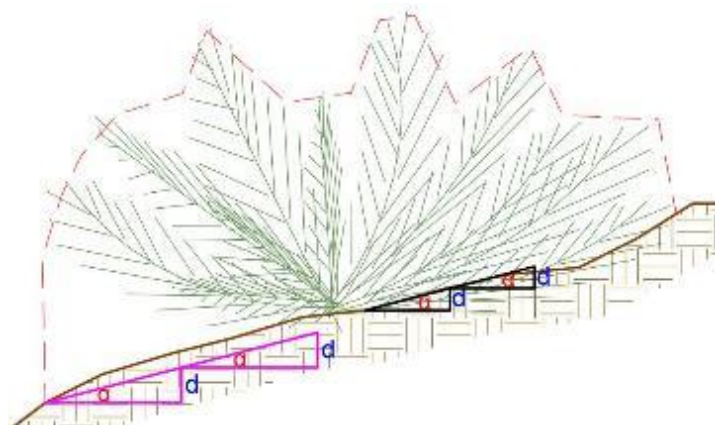
En la Figura 65 podemos apreciar 2 triángulos en el cual existe un ángulo alpha (α), el cual es el parámetro que nos pide el apartado 2, podemos colocar como información cualquier Angulo, pero analizando el gráfico el ángulo alpha del triángulo azul no se asemeja al terreno natural, el que está más acorde al terreno natural es el

triángulo de color magenta con su respectivo ángulo, de esta manera es que se analiza y se coloca el ángulo alpha en el apartado 2.

- En el apartado 3 nos pide la distancia máxima, para poder comprender este punto analizaremos la siguiente figura:

Figura 66

Distancias "d" diferentes



Una vez definido el ángulo nos piden la distancia máxima, según la Figura 66 podemos ver triángulos con el mismo ángulo alpha pero con distancias "d" distintas, es importante jugar con estos 2 parámetros, ya que la combinación de ellas nos puede dar la mejor presentación de la superficie topográfica existente, en la figura se observa los triángulos de color magenta que tiene una distancia "d" muy pronunciada lo cual nos aleja de la realidad, por otro lado observamos el triángulo de color negro que tiene una distancia "d" pequeña y que se asemeja más al terreno, el programa Agisoft entiende que se no va a considerar la topografía que está fuera de estos parámetros.

- En el apartado 4 nos pide el tamaño de la célula, en todo levantamiento topográfico existen viviendas, módulos, edificios, entre otros; que no forman parte de la superficie topográfica, es por ello que para poder obtener la topografía del proyecto, se tiene que corregir esa información.

En la Figura 67 se puede apreciar en planta un módulo o vivienda que no forma parte de la superficie topográfica, para ello en el cuarto parámetro se coloca la

longitud más larga de la edificación más grande para que el programa no considere como superficie topográfica el módulo, también podemos observar en la Figura 69 la misma imagen pero en perspectiva, en el cual efectivamente el programa asume como superficie ese modulo, lo cual no es correcto, una vez identificado el 4to parámetro se procede a aceptar.

Figura 67

Tamaño máximo de la célula



Figura 68

Vista en perspectiva



En la Figura 67 y Figura 68, podemos observar que la nube de puntos densa fue clasificada de acuerdo a los parámetros ingresados, eliminando las edificaciones

existentes y también los arbustos que no forman parte de la superficie topográfica existente.

Figura 69

Eliminación de edificación existente

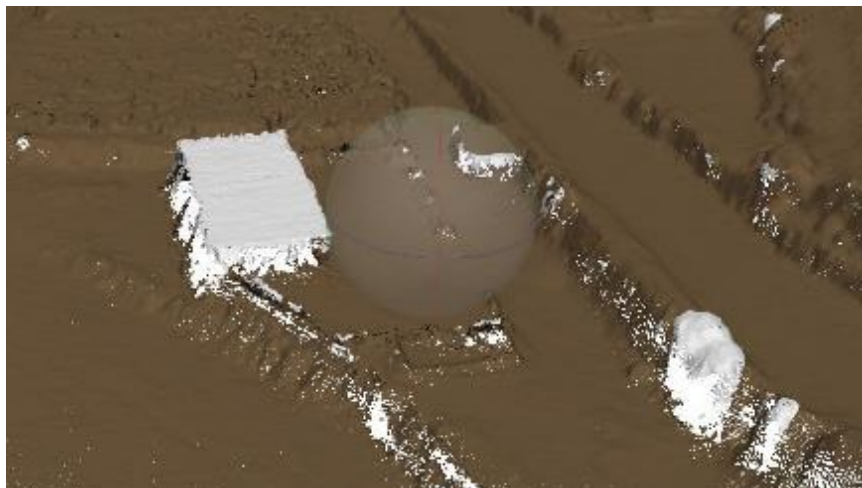
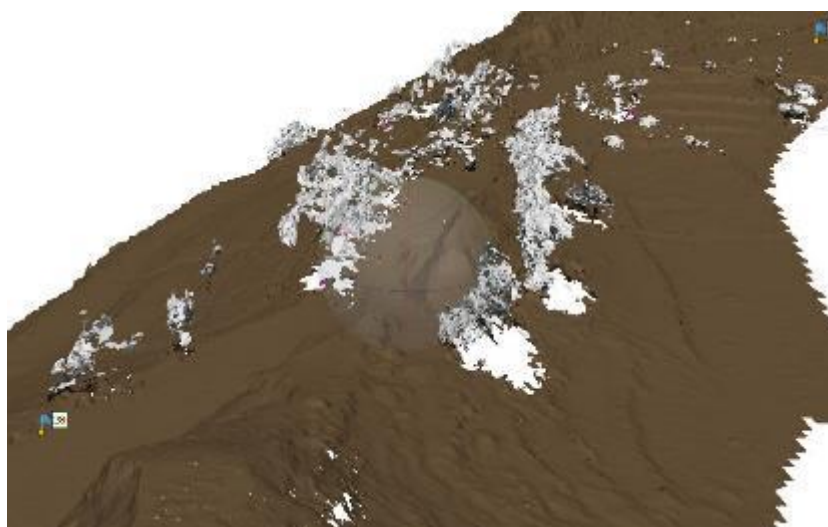


Figura 70

Eliminación de arbustos

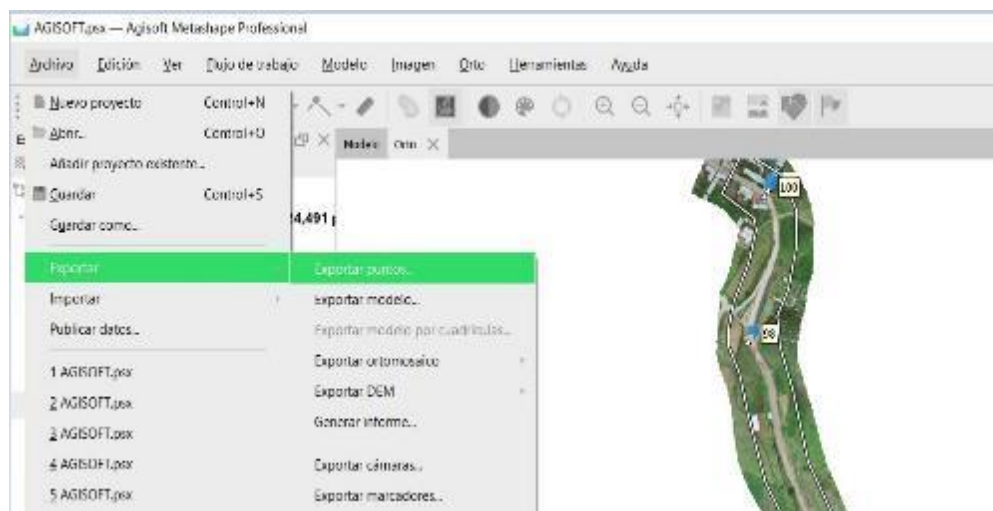


Una vez culminado la clasificación de la nube de puntos densa, se procedió a la exportación de esta nube de puntos y de las ortofotos de la siguiente manera:

Nos dirigimos al menú archivo y elegimos la opción exportar, se desplegará una lista de la cual elegiremos la opción exportar puntos.

Figura 71

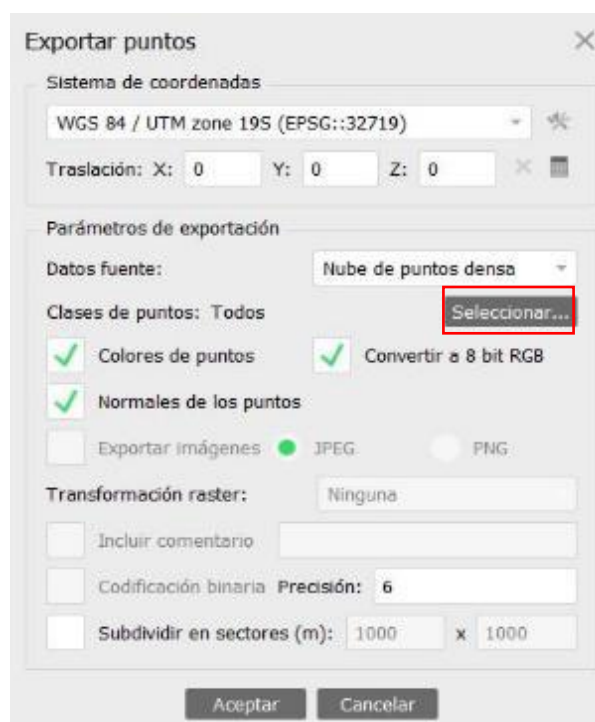
Opción exportar puntos



Luego guardamos la información, seleccionando una carpeta donde almacenamos todos los datos, nos aparecerá el siguiente recuadro:

Figura 72

Opción Exportar puntos

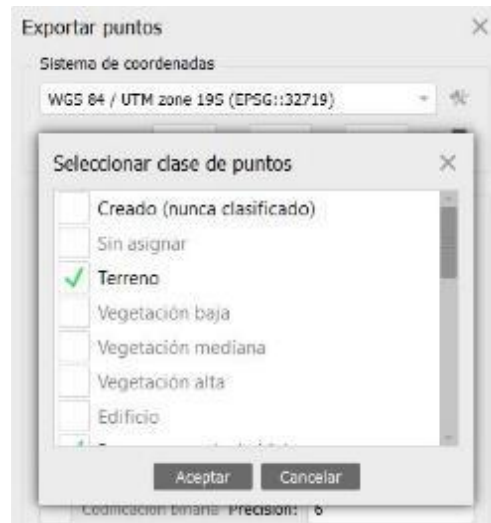


En la ventana Exportar puntos hay varias opciones entre las cuales hacemos clic en seleccionar. Se despliega la siguiente ventana, en la cual debe estar seleccionada la

casilla Terreno, que es donde se encuentra almacenado nuestra clasificación de puntos que hicimos anteriormente.

Figura 73

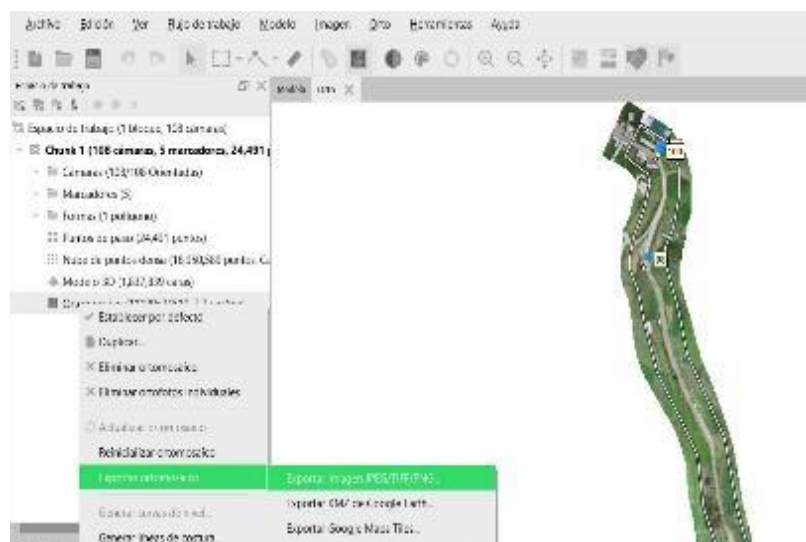
Selección de clase de puntos



Del mismo modo se procede a exportar las ortofotos de cada vuelo (Figura 74). En el espacio de trabajo hacemos clic derecho en la ortofoto, luego se desplegará una lista, elegimos la opción exportar ortomosaico y luego exportar imagen.

Figura 74

Exportación de ortofotos



En la Figura 75, en el apartado de región se debe seleccionar la opción definir límites, este recuadro indica que solo se va a exportar el límite previo que nosotros

consideramos para la elaboración del proyecto (20m a ambos lados del eje de la carretera).

Figura 75

Opción exportar ortomosaico

Exportar ortomosaico

Sistema de coordenadas
WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)

Raster
 Tamaño de píxel (m): 0.022 X
Metros... 0.022 Y
 Máx. dimensión (px): 4096
 Tamaño de subdivisión (px): 1024 x 1024
Transformar raster: Ninguno
Color del fondo: Blanco

Región
 Definir límites: 199171.145 - 199417.105 X
Reinicializar 271727.003 - 272486.223 Y
Tamaño total (pix): 11180 x 34510
 Escribir fichero KML Escribir fichero World
 Escribir esquema de teselas

Compresión
Descripción de la imagen:
Compresión de TIFF: LZW
Calidad de JPEG: 90
 Escribir como BigTIFF Escribe TIFF teselado
 Guardar el canal alfa
 Generar vistas generales de TIFF

Exportar... Cancelar

Luego nos pedirá la ubicación donde se almacenará la ortofoto. Una vez culminado estos pasos para todos los vuelos que se realizaron se procede a unificar todas las ortofotos en uno solo.

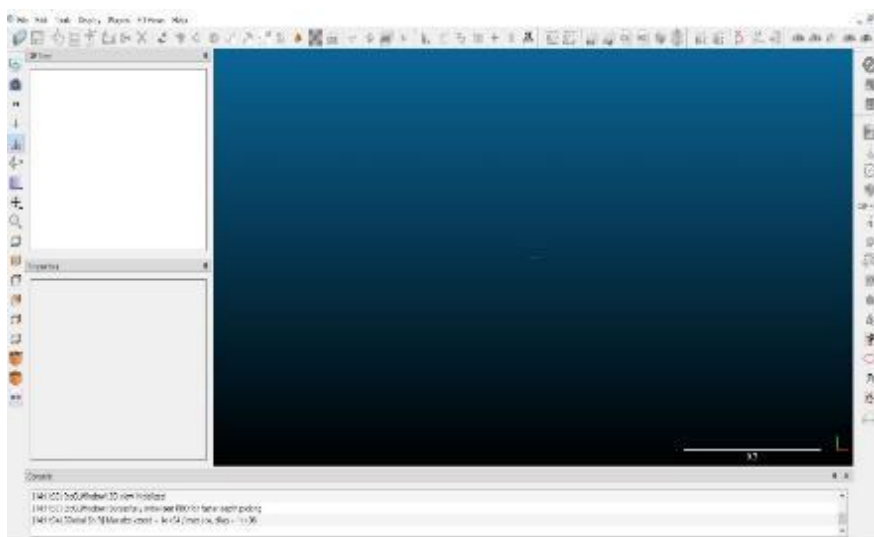
3.8.2 Procesamiento de la nube de puntos densa en el programa

Cloudcompare

Cuando se realizó el trabajo fotogramétrico se presentó dificultad en el manejo de la nube de puntos densa. Como vimos en las etapas anteriores, clasificamos la nube de puntos densa, y luego las exportamos, si bien es cierto al igual que las ortofotos, la nube de puntos densa una vez exportado se puede hacer uso en el programa Civil 3D pero sino bajamos el tamaño de los archivos, esto se puede volver contraproducente ya que el programa no va a correr bien, con tanta información que se le está administrando, es por ello que en esta etapa se emplea el programa "CloudCompare" el cual es un software que facilita la comparación y procesamiento de nubes de puntos 3D, una ventaja es que una vez procesada la información podemos exportar en varios formatos que hacen que el tamaño de la nube de puntos densa sea considerablemente menor. El termino nube de puntos densa se refiere a una alta densidad de puntos en una pequeña área de trabajo, veamos la siguiente las siguientes imágenes:

Figura 76

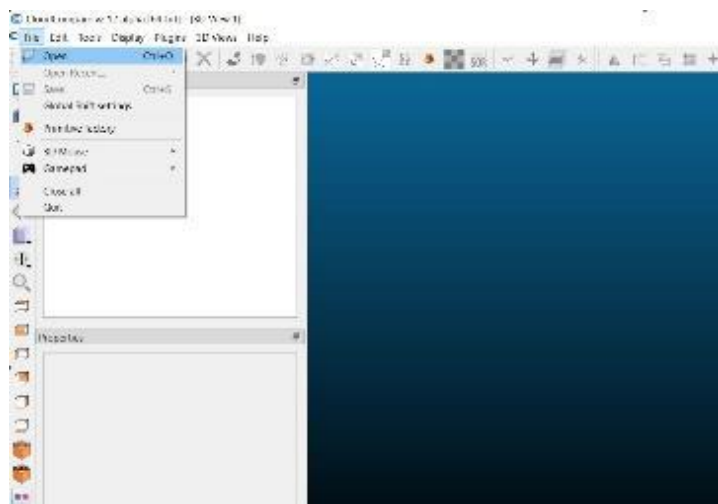
Interface del programa CloudCompare



Se procede a abrir el archivo .txt exportado anteriormente, como se muestra en la Figura 77.

Figura 77

Apertura de archivo .txt



Importada la nube de puntos densa al programa tendremos la siguiente figura:

Figura 78

Puntos importados

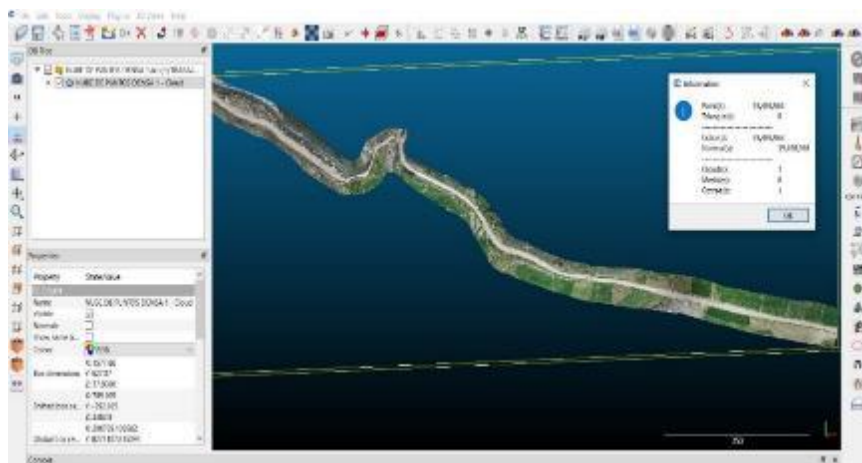
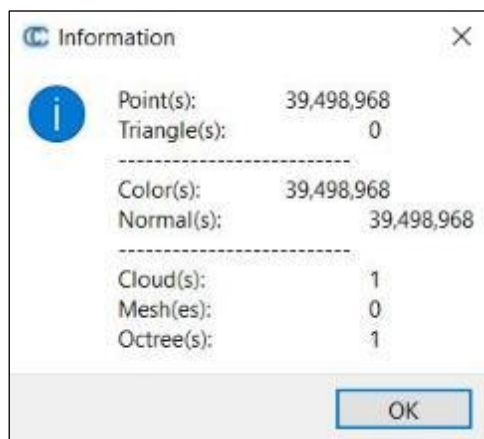


Figura 79

Número de puntos en un solo vuelo de drone



Para lograr comprender este apartado se debe tener en cuenta que a través de puntos se realiza los trabajos topográficos convencionales. La separación entre puntos es de acuerdo al terreno, en el posterior procesamiento de la información para obtener curvas de nivel se unen cada uno de los puntos:

Figura 80

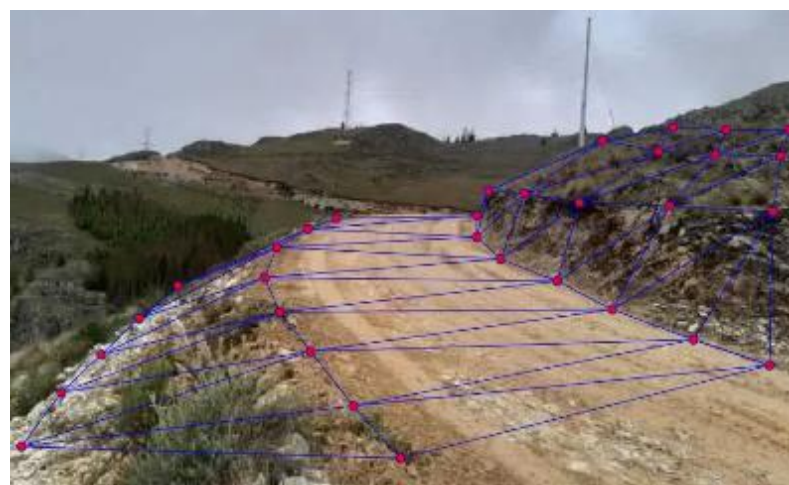
Tramo de la trocha carrozable



Para poder realizar un modelo digital de elevaciones (DEM) existen muchos métodos como el tradicional, que consiste en obtener puntos dentro del terreno por medio de distancias y ángulos, en la Figura 81 usando el levantamiento topográfico tradicional se obtuvo lo siguiente:

Figura 81

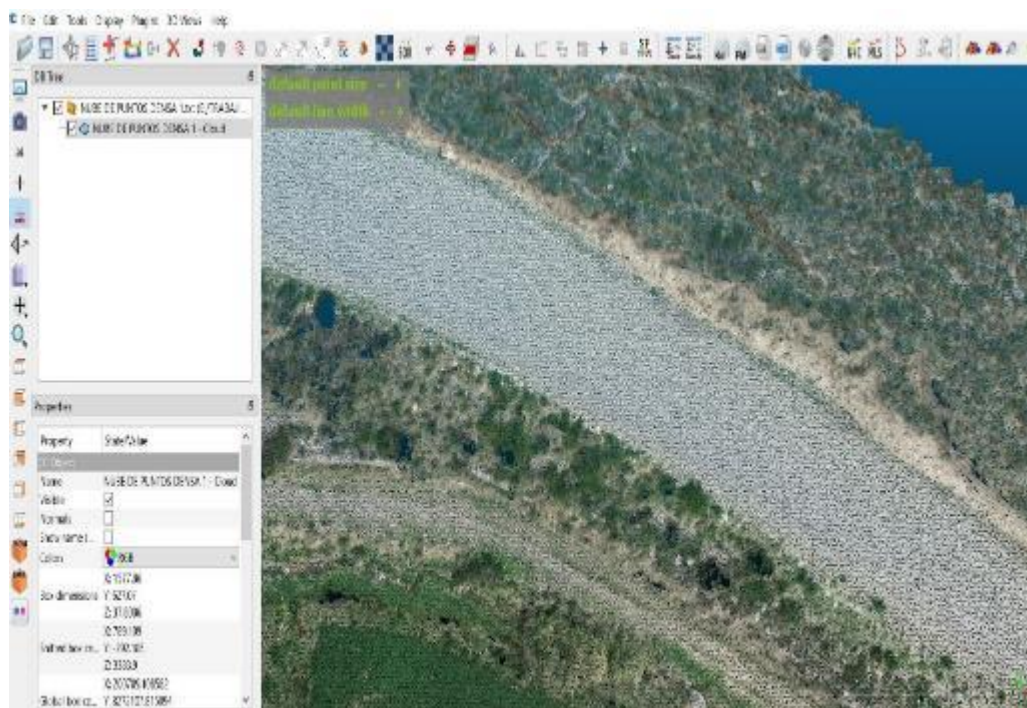
Levantamiento topográfico con estación total



Como se puede observar en la figura cuando se realiza un levantamiento topográfico tradicional, únicamente se va a campo y se toma datos en este caso del ancho de la trocha y los taludes exteriores, también se toma en cuenta que la separación entre puntos es variable y que en el post - procesamiento por medio de las triangulaciones se puede obtener un modelo digital de elevaciones DEM que va a tratar de asemejarse con la realidad física, en cambio para la fotogrametría esto no ocurre, ya que cada punto está separado entre si milimétricamente así como se muestra en la siguiente figura:

Figura 82

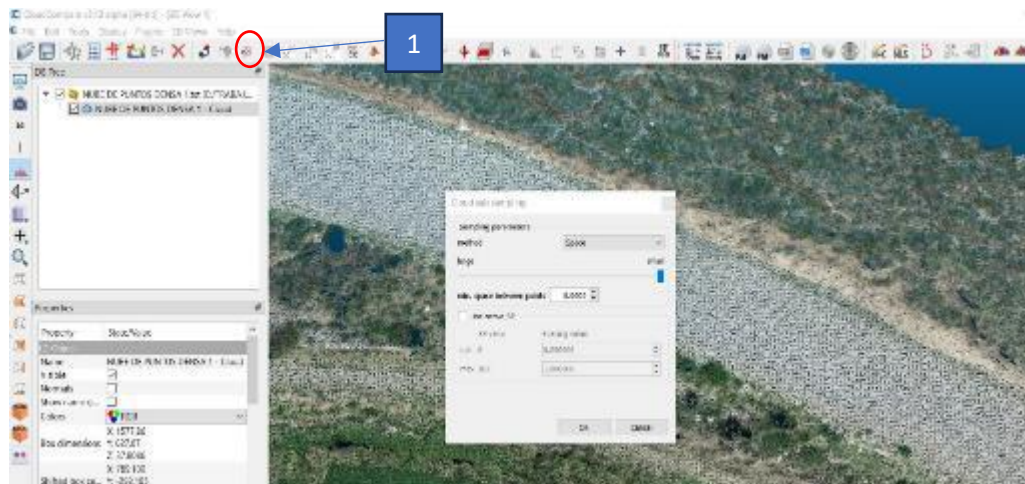
Millones de puntos en un área pequeña de la trocha carrozable



Al momento de procesar esta información en el programa AutoCAD civil 3D suele ser muy pesado, por lo que no se podrá trabajar correctamente en el programa, para ello se tiene que eliminar varios puntos que no son necesarios, existen varios métodos para poder disminuir la cantidad de puntos con el programa CloudCompare así como se muestra en la siguiente figura:

Figura 83

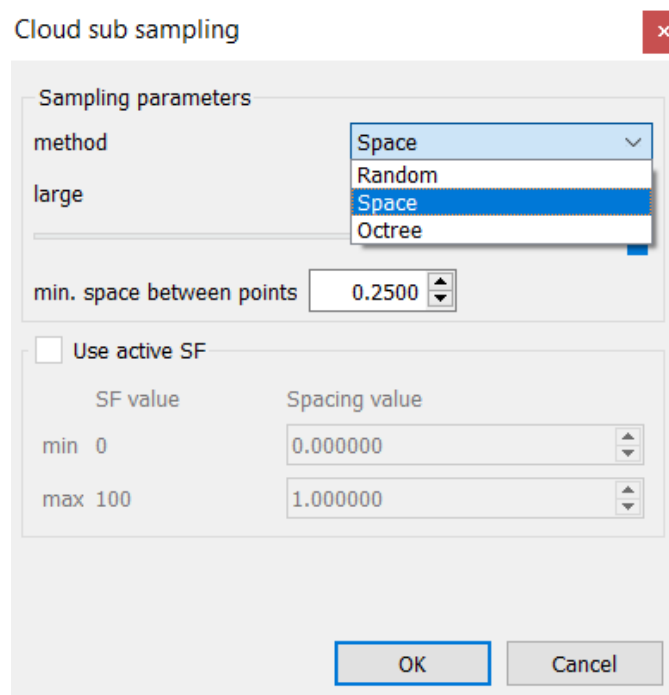
Ubicación de la opción Cloud sub sampling



Dentro del interface del programa (una vez cargado la nube de puntos densa) hacemos clic en Subsample a point cloud y luego nos aparecerá una ventana donde tenemos varios métodos para poder disminuir la cantidad de puntos de la nube de puntos densa las cuales son las siguientes:

Figura 84

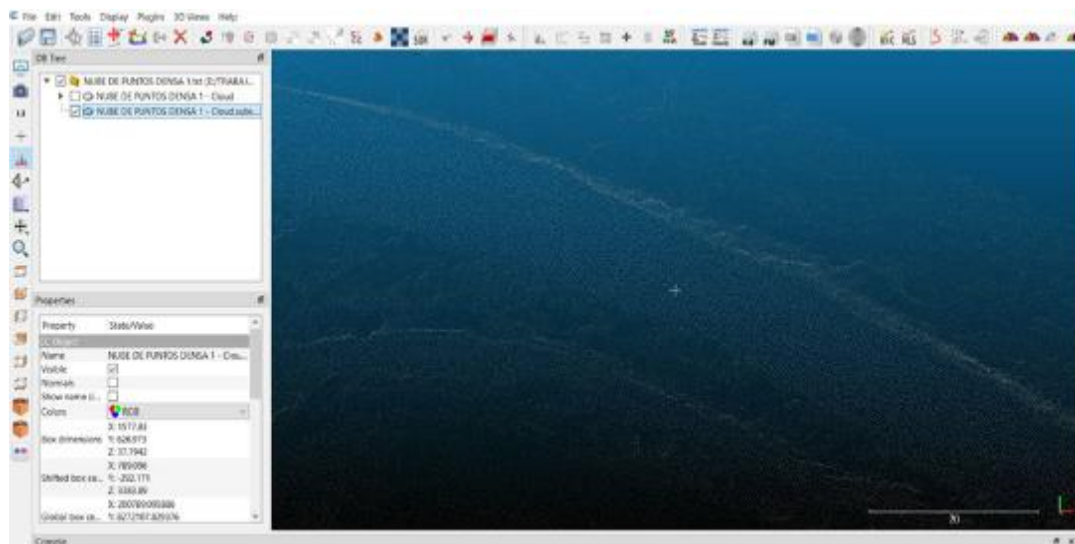
Opción Cloud sub sampling



Para nuestro proyecto elegiremos la opción Space, el cual es un parámetro donde se introduce la distancia que tendrá entre puntos, como vimos en la Figura 82 en el levantamiento topográfico tradicional las distancias entre puntos dependen mucho de la geomorfología del terreno, pero para el caso del ancho de la trocha solo se necesita puntos a los extremos para poder representarlo en un DEM, teniendo eso en cuenta nosotros colocaremos una distancia prudente el cual no afecte o cambie la forma del terreno que se levantó, para ello se usó la distancia de separación entre puntos de 0.25m, presionamos ok y tendremos como resultado la siguiente imagen:

Figura 85

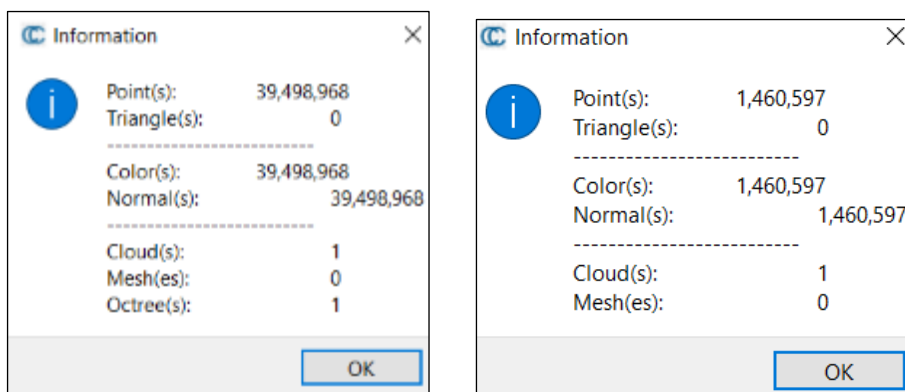
Puntos espaciados cada 25 cm



Quando realizamos este paso reducimos de forma significativa la cantidad de puntos como también el tamaño de archivo, así como se muestra en la siguiente figura:

Figura 86

Puntos exportados del programa Agisoft vs Puntos distanciados a 25cm

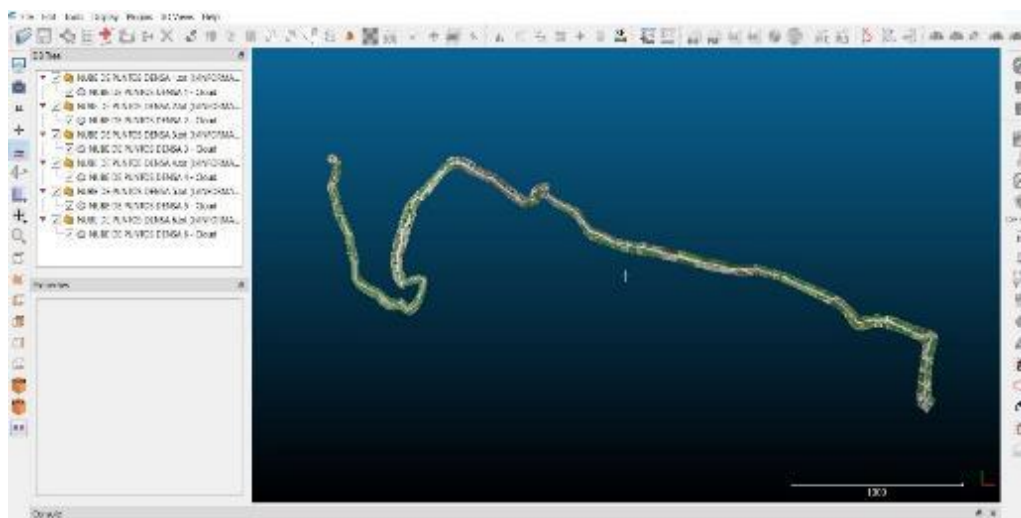


Como podemos ver en la Figura 86, la cantidad bajo de aproximadamente 39.5 millones de puntos a 1.5 millones, esto nos permitirá manejar la cantidad de puntos dentro del programa civil 3d sin ninguna dificultad, posteriormente se procederá a exportar los puntos en formato “.las”.

Otra de las bondades del programa es que se pueden unir nubes de puntos densa, esto resulta útil cuando tenemos varios vuelos fotogramétricos con sus respectivas nubes de puntos densa, para el proyecto se está realizando 6 vuelos los cuales se muestran a continuación:

Figura 87

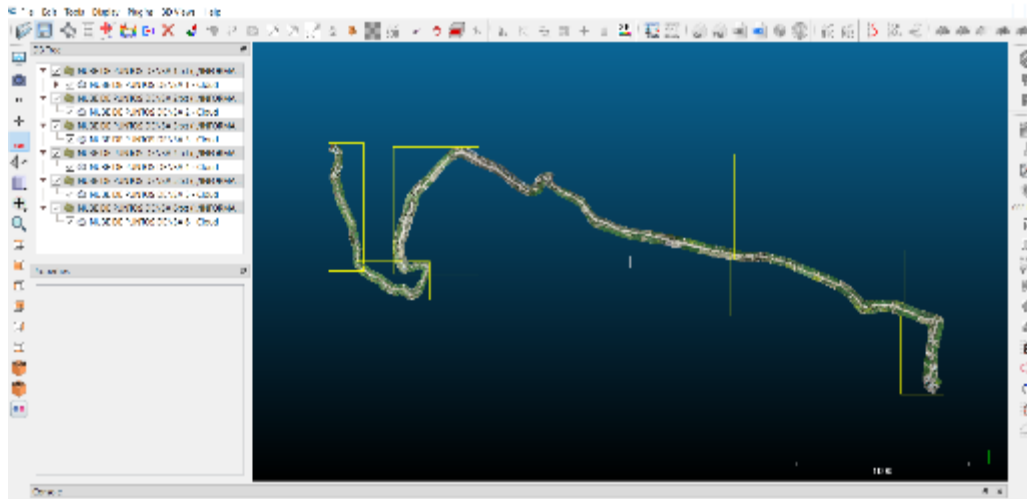
Nube de puntos densa de los seis vuelos



A continuación, se unificó los seis vuelos en uno solo, como primer paso se seleccionó todos los vuelos, así como se muestra en la siguiente figura:

Figura 88

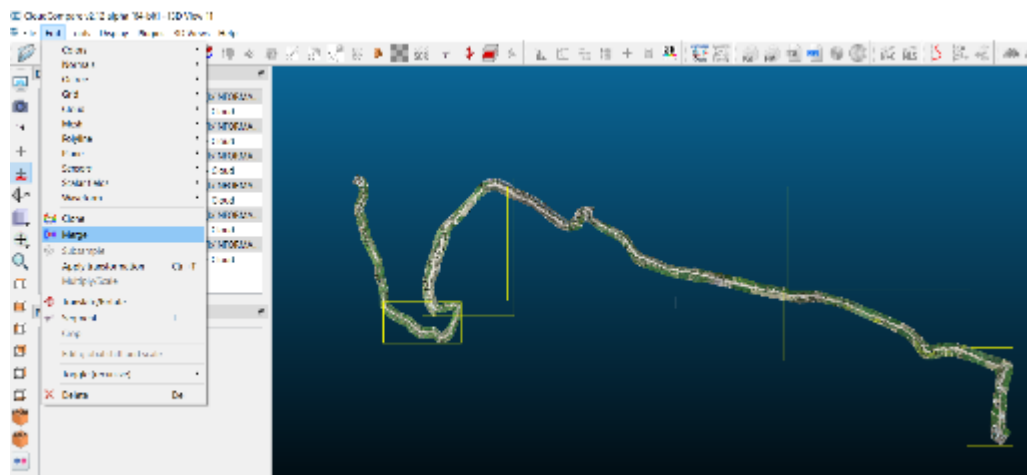
Selección de los seis vuelos



Luego nos dirigimos a la pestaña “edit” y se desplegara una lista y escogemos la opción “merge” así como se muestra en la siguiente figura:

Figura 89

Opción Merge



Luego de elegir esa opción veremos como la nube de puntos densa se unifica, así como se observa en la siguiente imagen:

Figura 90

Nubes de puntos densa unidas

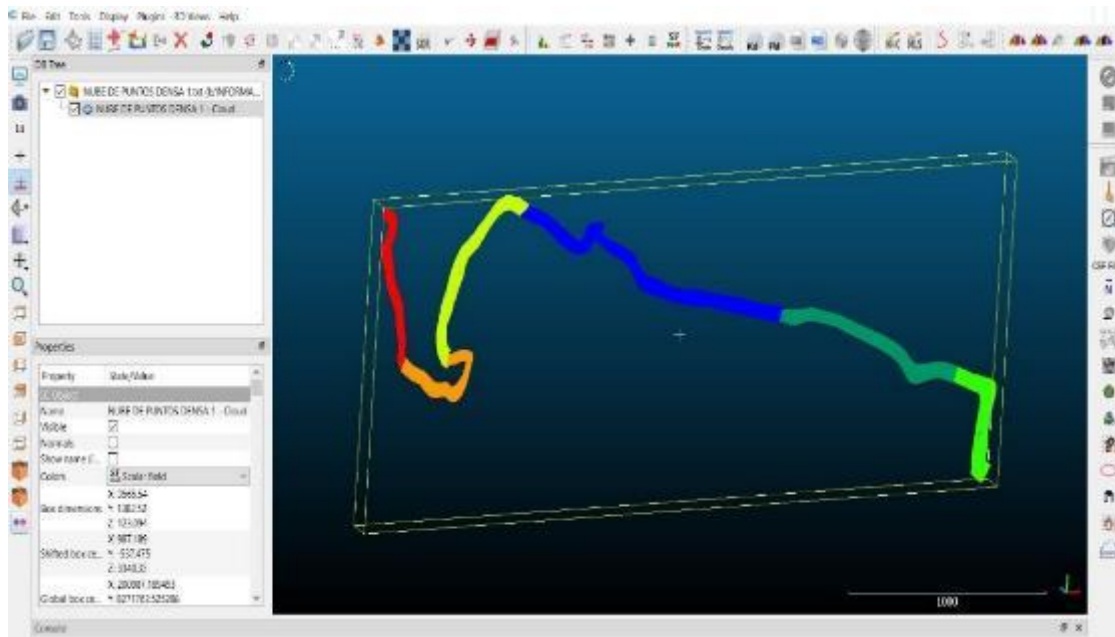
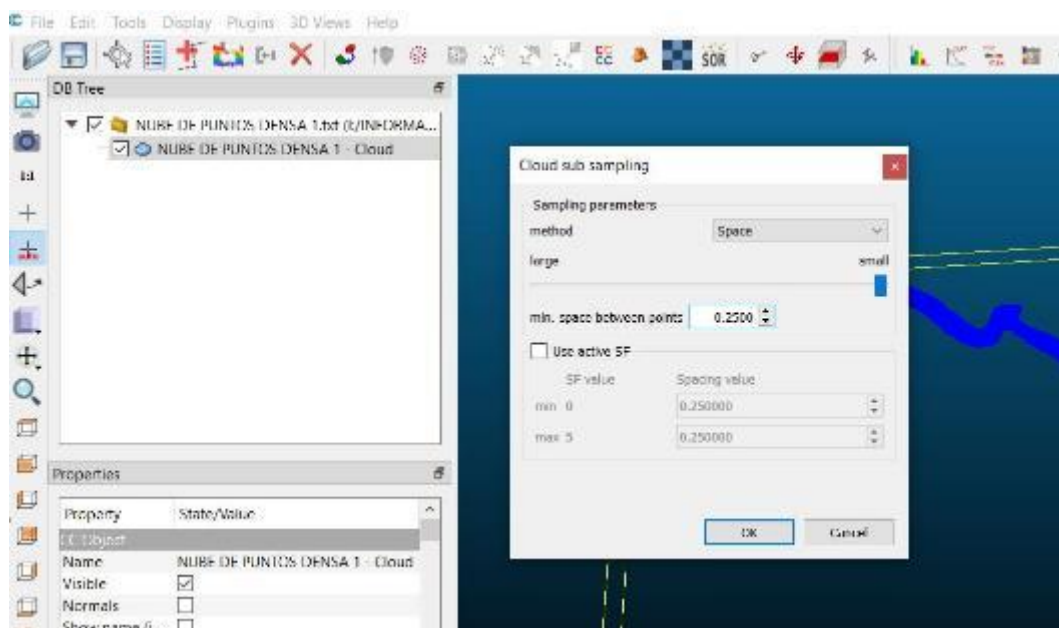


Figura 91

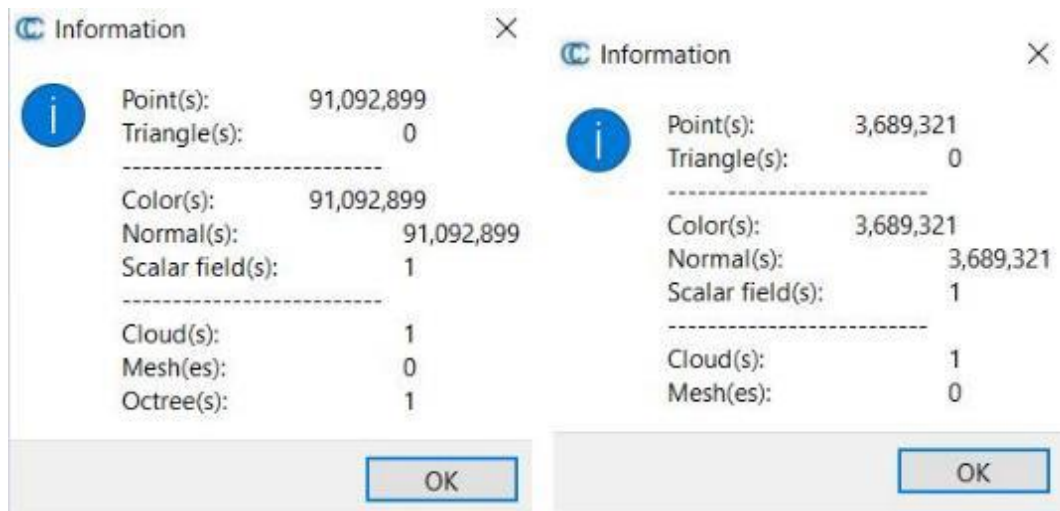
Parámetros que se usaron para para poder disminuir la cantidad de puntos densa



Como en el ejemplo anterior, se procedió a bajar el tamaño del archivo disminuyendo la cantidad de nube de puntos densa, a continuación, veamos la siguiente figura:

Figura 92

Disminución de la cantidad de puntos



Por último se procede a almacenar el archivo en formato “.las” para trabajarlo luego en el programa RECAP. A continuación, se indicará la ventaja que tiene usar el programa “CloudCompare” para el manejo de nube de puntos densa y para reducir de forma drástica la capacidad de almacenamiento de los puntos. Los archivos texto que provienen del Agisoft pesan casi 7GB en cambio los puntos unificados y espaciados a 0.25m “NUBE DE PTOS DENSA GENERAL” pesa 123MB.

Figura 93

Peso del archivo de texto “NUBE DE PTOS DENSA GENERAL”

File Name	Date/Time	Type	Size
NUBE DE PTOS DENSA GENERAL.las	2/09/2024 15:13	AutoCAD Layer St...	122,498 KB
NUBE DE PUNTOS DENSA 1.txt	2/09/2024 11:01	Documento de tex...	2,367,395 KB
NUBE DE PUNTOS DENSA 2.txt	2/09/2024 11:08	Documento de tex...	1,634,050 KB
NUBE DE PUNTOS DENSA 3.txt	2/09/2024 11:24	Documento de tex...	1,165,488 KB
NUBE DE PUNTOS DENSA 4.txt	2/09/2024 11:32	Documento de tex...	702,830 KB
NUBE DE PUNTOS DENSA 5.txt	2/09/2024 11:39	Documento de tex...	857,224 KB
NUBE DE PUNTOS DENSA 6.txt	2/09/2024 11:44	Documento de tex...	475,967 KB

3.8.3 Procesamiento de la nube de puntos densa con el programa

Autodesk recap

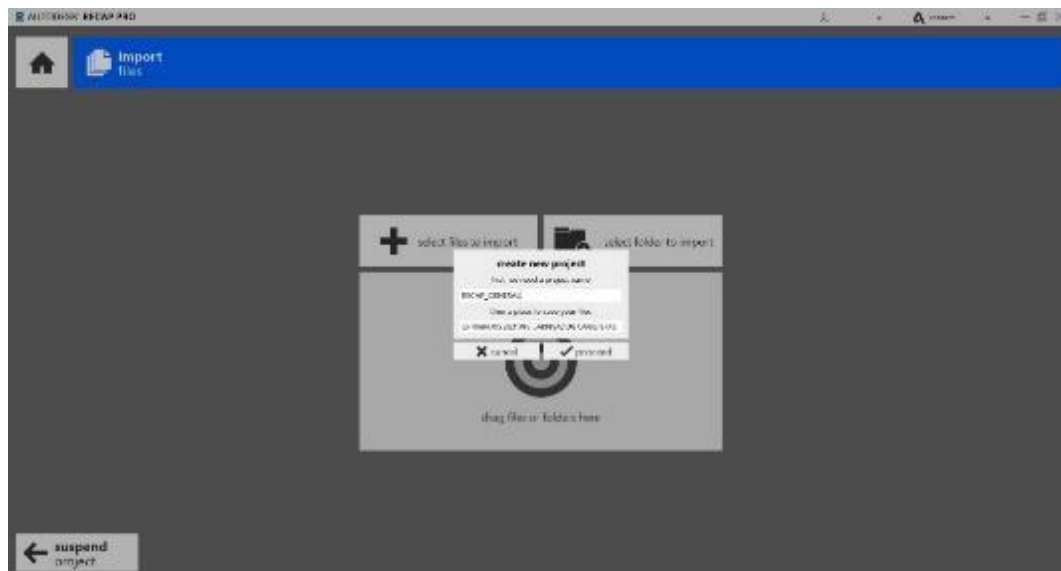
Autodesk recap convierte los datos de nube de puntos densa en modelos 3D, para que posteriormente puedan ser utilizados en otros programas de diseño de ingeniería.

Dicho programa posee muchos beneficios al momento de trabajar con la nube de puntos densa dentro de las cuales tenemos: precisión y eficiencia, integración con otro software y sobre todo ahorro de tiempo a la hora de generar superficies topográficas, a continuación, se procederá a detallar paso a paso el uso del programa:

Una vez iniciado el programa nos pedirá crear un nombre al archivo y luego donde se almacenará la base de datos, luego hacemos clic en “proceed”:

Figura 94

Interfaz del programa



Luego nos pedirá que importe la nube de puntos densa, para ello elegiremos el archivo que exportamos del “CloudCompare”:

Figura 95

Selección del archivo a importar

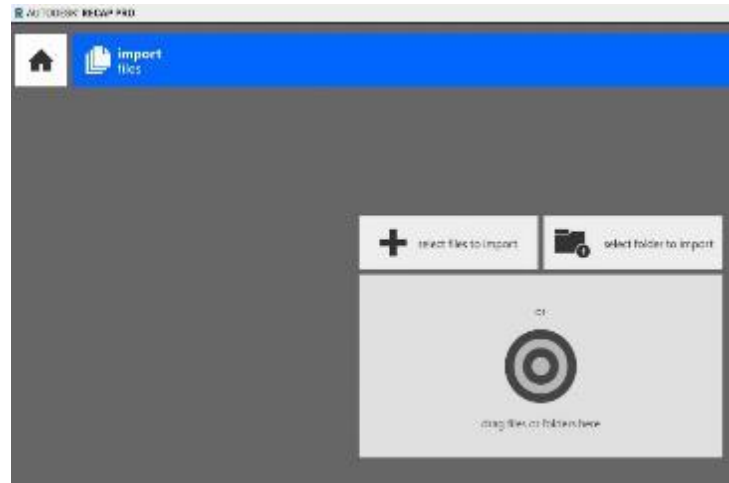


Figura 96

Importación del archivo



Figura 97

Escanear la nube de puntos densa procesada



Figura 98

Opción Launch project



Figura 99

Archivo guardado



Una vez culminado este proceso, como último paso para poder diseñar la carretera se procederá a generar las curvas de nivel en el programa Autocad Civil 3D.

3.9 3.3.4 Procesamiento de las ortofotos en el programa Global Mapper

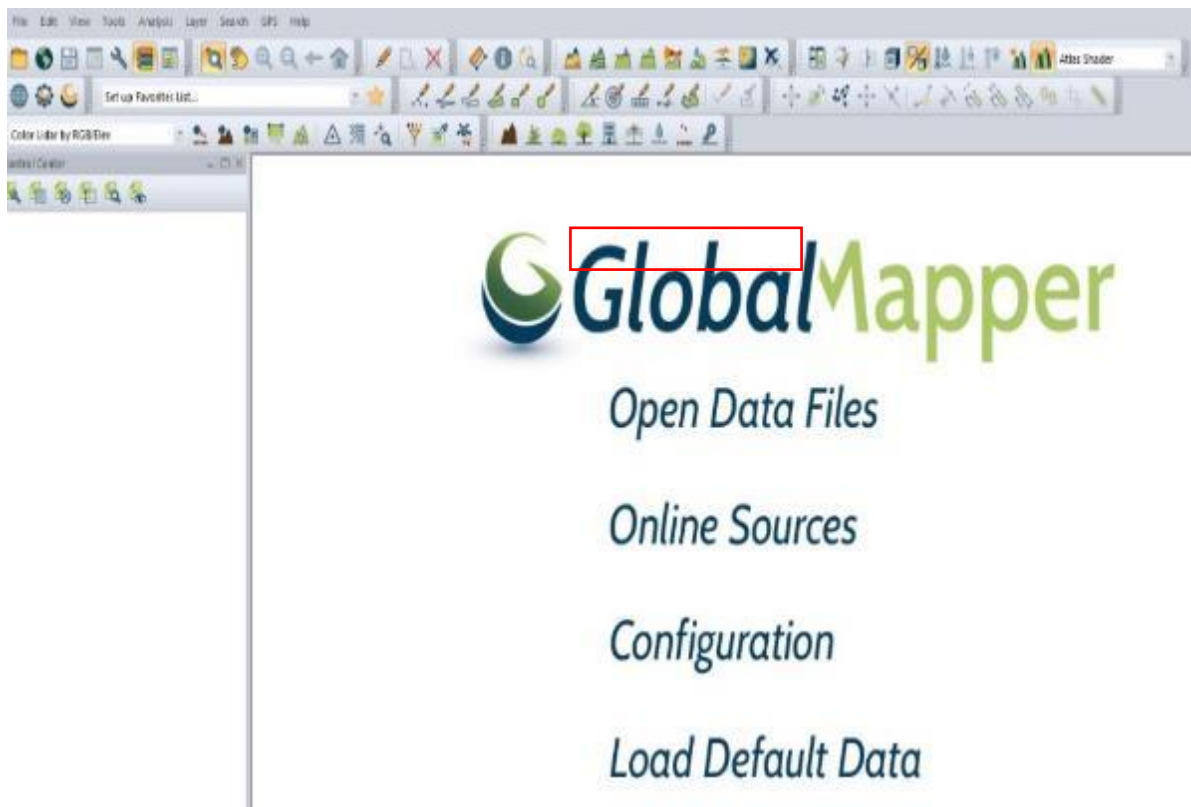
Global Mapper es un programa muy potente y versátil a la hora de gestionar una amplia variedad de formatos, procesamiento de datos LIDAR, etc.

Uno de los problemas más comunes en el manejo de ORTOFOTOS generados con drones, es que ocupan mucho espacio en la computadora y genera conflicto al

momento de diseñar en el civil 3D, esto se debe a la calidad de las imágenes, si se desea tener imágenes de alta resolución dicho archivo ocupará mucha memoria en la computadora, por otro lado si no se deseara ocupar espacio se tendría que bajar la resolución, pero uno de los objetivos principales de la fotogrametría es la obtención de ortofotos en alta resolución, teniendo en cuenta los parámetros de la resolución y el tamaño que ocupa las ortofotos usaremos el programa Global Mapper, este nos ayudara a superar los 2 parámetros mencionados anteriormente. Las ortofotos generadas en cada vuelo, se importaron en el programa Global Mapper para luego obtener una solo ortofoto. Una vez abierto el programa nos aparecerá varias opciones, elegimos "Open data files".

Figura 100

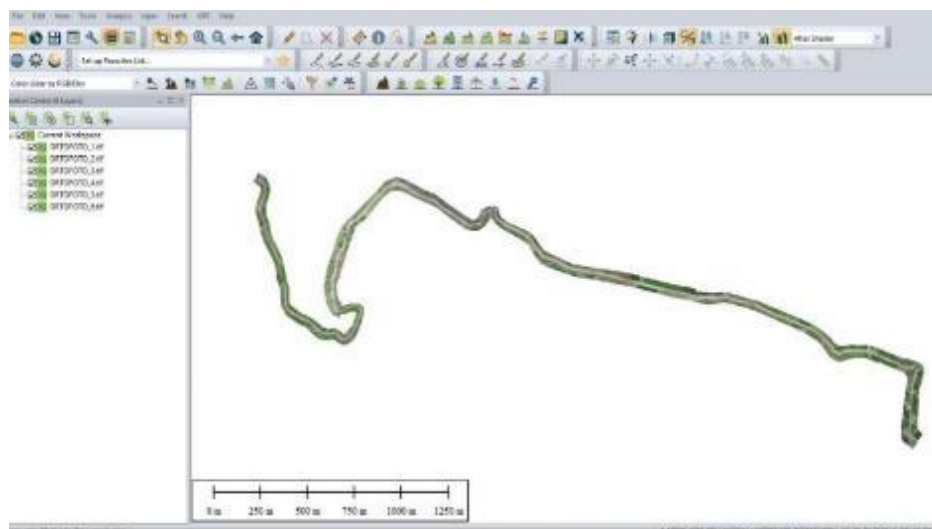
Interfaz del programa



Nos pedirá la ruta de los archivos donde se encuentran las ortofotos y se comenzara a cargar cada una de ellas, así como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 101

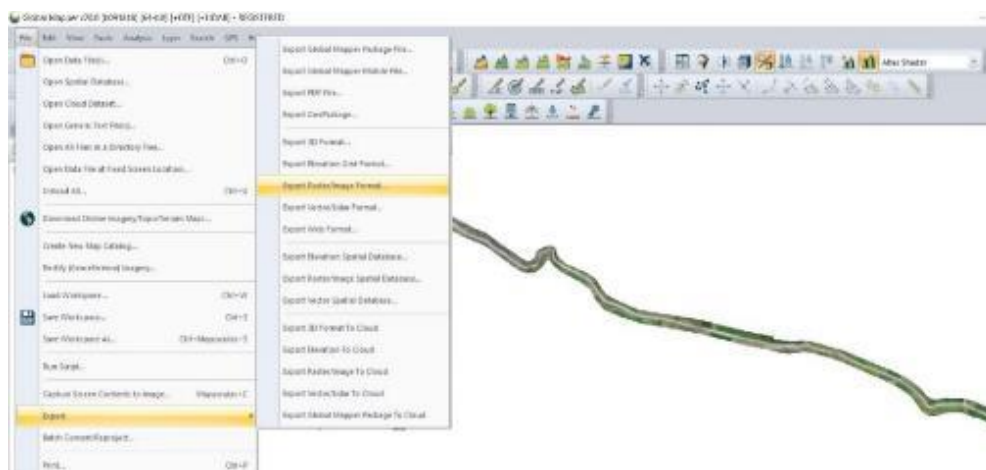
Ortofotos importadas en el programa Global Mapper



Como se mencionó anteriormente el programa Global Mapper nos ayudara a unificar todas las ortofotos en una solo, para luego exportarlo en un nuevo formato. Nos dirigimos al menú File, elegimos la opción export y por último elegimos la opción export raster/image format, así como se muestra en la siguiente figura:

Figura 102

Opción export raster/image format



En el recuadro que se despliega elegiremos la opción ECW file, cabe señalar que los archivos “.ecw” y “.tiff” son formatos de imágenes mayormente empleadas en aplicaciones de sistemas de información geográfica (SIG), ambos archivos nos sirven para almacenar datos geospaciales, pero tienen diferencias significativas en cuanto a

sus usos y características, pero la más importante para nuestro proyecto que el formato “.ecw” el cual es recomendable usar para manejar grandes imágenes geospaciales con una buena calidad y sobre todo con un tamaño reducido, mientras el formato “.tiff” es más adecuado cuando se desea mantener toda la información que se exporta del programa Agisoft así como su máxima calidad de imagen, a costa de un mayor tamaño del archivo, teniendo esto en cuenta se muestra la siguiente figura:

Figura 103

Elección del formato ECW file

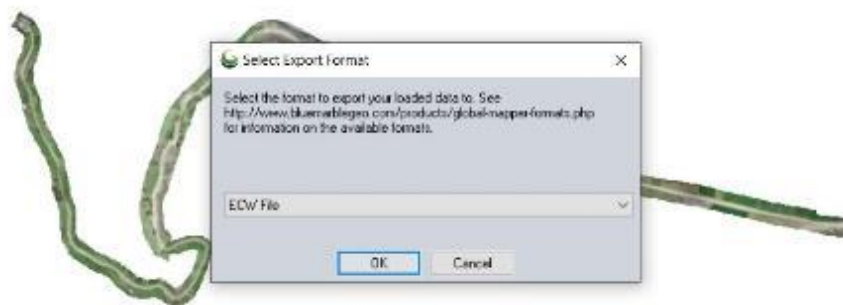


Figura 104

Parámetros de exportación de ortofotos



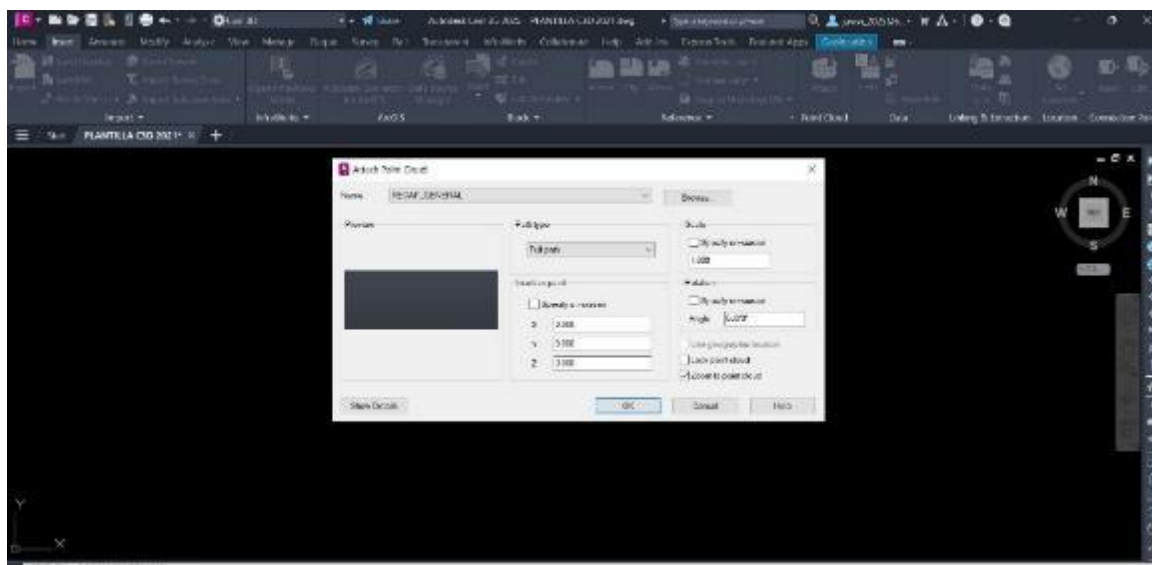
3.10 Diseño geométrico de la carretera de acuerdo al reglamento DG 2018.

3.10.1 Generación de la superficie topográfica

Para el diseño geométrico de carreteras según el DG-2018 se usó el programa AutoCAD Civil 3D, para lo cual como punto de partida se necesitó la superficie topográfica (curvas de nivel), de donde se puede obtener perfiles longitudinales, secciones transversales, el alineamiento horizontal y alineamiento vertical. Con la nube de puntos densa obtenida se procedió a generar superficie topográfica. Para ello nos situamos en el menú "insert", en la pestaña "Point Cloud" hacemos click y nos pedirá seleccionar nuestro archivo que generamos en el programa RECAP, y luego aceptamos.

Figura 105

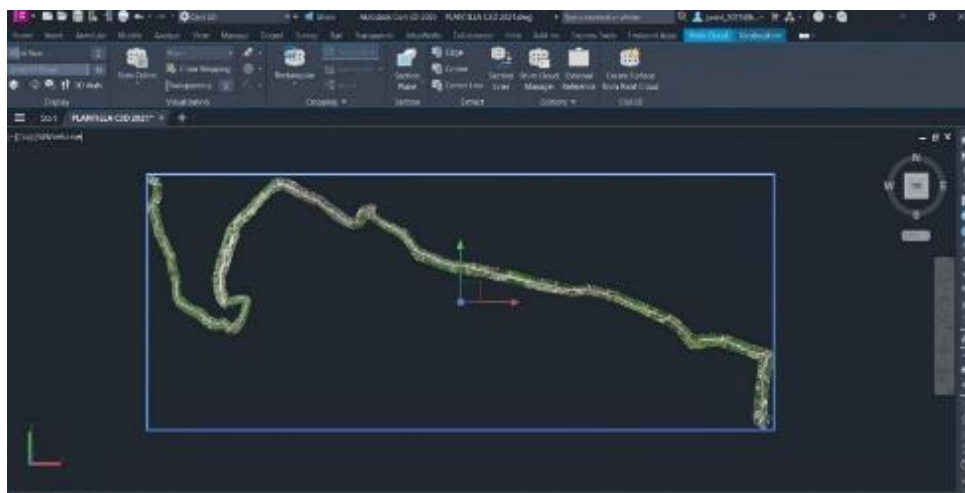
Opción Point Cloud



Luego vemos que se importan los datos del programa RECAP, seleccionamos lo que se importó y en la barra de herramientas elegimos la opción "Create surface from point cloud"

Figura 106

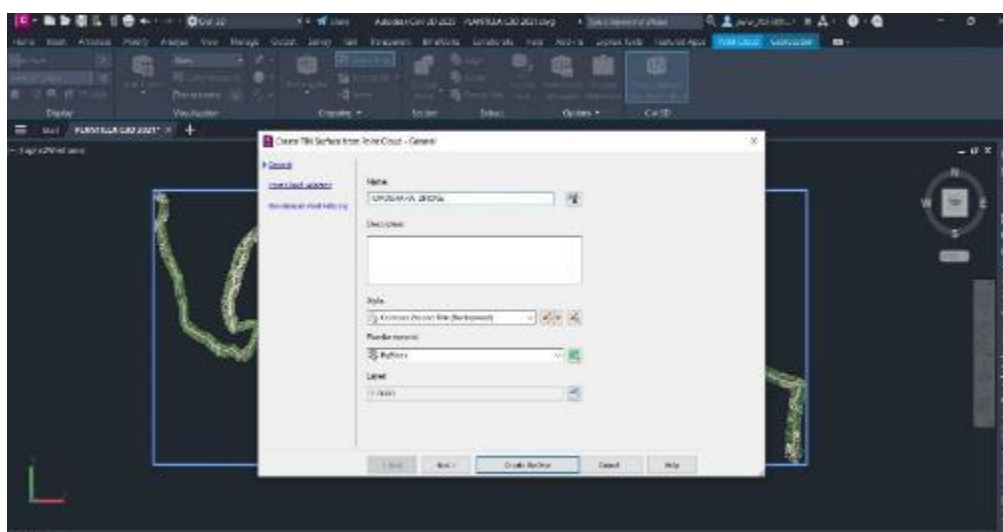
Opción "Create surface from point cloud"



Se desplegará la siguiente ventana con 3 alternativas, en el apartado de general nos pedirá el nombre con el cual se va a generar la superficie y el estilo de superficie.

Figura 107

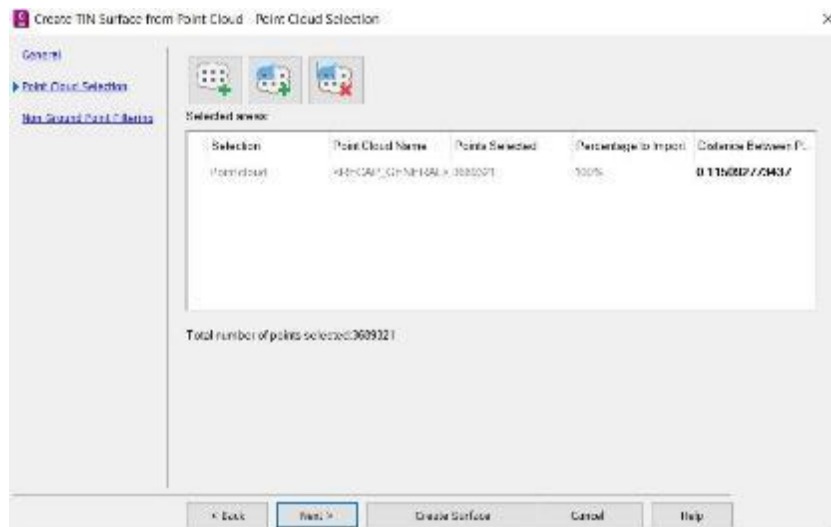
Nombre indicado para generación de superficie



En la segunda opción "Point Cloud Selector" nos indica la separación que aplicará el programa, hacemos clic en "Next".

Figura 108

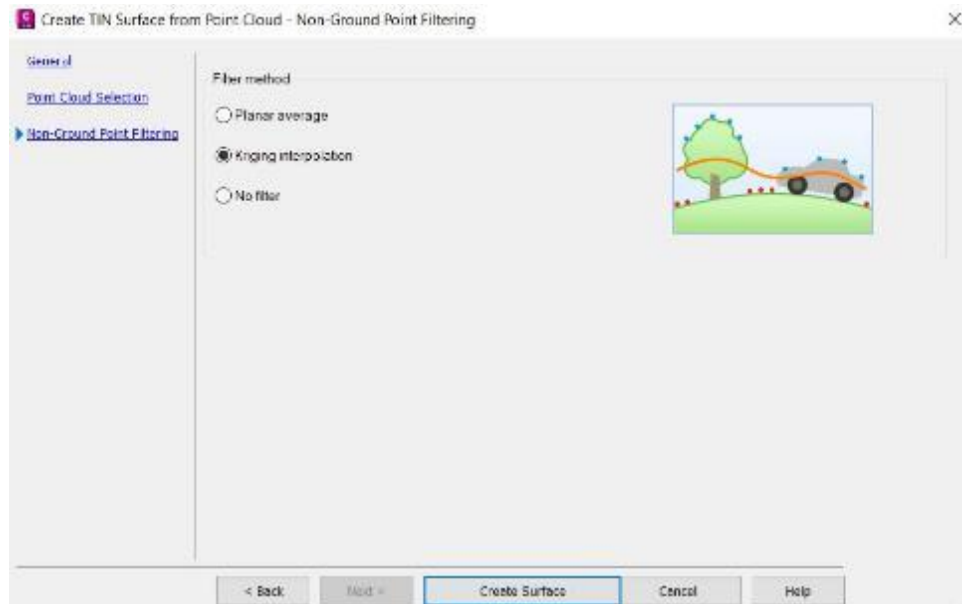
Separación aplicada por el programa



En la última opción “Non Ground Point Filtering” seleccionamos “Kriging interpolation” y hacemos click en “Create Surface”.

Figura 109

Selección de opción “Kriging interpolation”



Una vez realizado los pasos descritos anteriormente, el programa comenzará a generar la superficie topográfica y con esto estaría completado el primer paso, posteriormente se procederá al diseño geométrico de carreteras según el DG-2018.

3.10.2 Diseño geométrico de la carretera

Todo proyecto de ingeniería se encuentra regulado por un conjunto de normas, para el caso del diseño geométrico de carreteras existe el reglamento "Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018".

A continuación, se procederá a detallar en forma ordenada el correcto procedimiento para el diseño de la carretera Madrigal – Lari, para una mejor concepción sobre el diseño es necesario tener en cuenta el siguiente esquema que se muestra en la siguiente figura:

Figura 110

Esquema de trabajo para el diseño geométrico

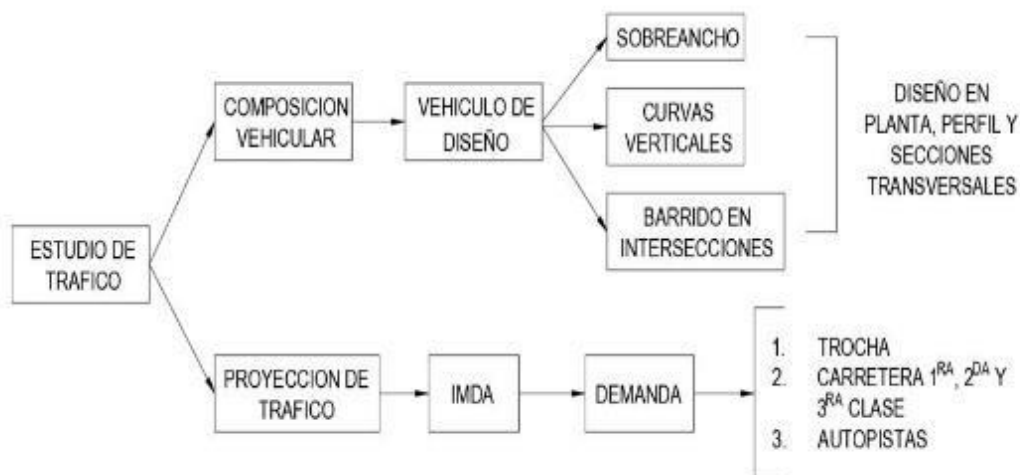


Figura 111

Esquema de trabajo para el diseño geométrico





En primer lugar, se realizó el estudio de tráfico, requisito fundamental para el diseño de carreteras, en donde se consideró:

- a) Composición vehicular, esta información es muy importante ya que cada tipo de vehículo tienen diferentes características (tamaño, peso, número de ejes, aceleración, etc.). Dentro de esta etapa se tiene que considerar la clasificación de vehículos dentro de las cuales tenemos vehículos ligeros, vehículos pesados y vehículos especiales. Luego de realizar un análisis de la composición vehicular y de sus diferentes tipos, se tiene que definir el vehículo de diseño, que involucra elegir un tipo de vehículo con características específicas como dimensiones del vehículo, el largo que nos servirá para diseñar el carril, radios de curva y las áreas de giro, el ancho nos permitirá calcular el ancho del carril, etc.
- b) Proyección de tráfico, es importante considerar las proyecciones de la cantidad y tipos de vehículos que van a circular por la vía, un diseño que contemple estos parámetros asegura la funcionalidad y longevidad de la vía.

A. CONDICIONES INICIALES PARA EL DISEÑO – CLASIFICACION POR DEMANDA SEGÚN LA DG-2018

Índice Medio Diario Anual (IMDA): Corresponde al promedio aritmético de los volúmenes de tráfico diario a lo largo de todo el año, proporcionando una referencia cuantitativa que facilita los cálculos de viabilidad económica de un proyecto. Esta información nos servirá para los siguientes puntos:

- a) Clasificar la vía.
- b) Tipo de pavimento que se empleara (asfalto, concreto, etc.)
- c) Estudios Medio Ambientales (Impacto Ambiental)
- d) Nos permite saber si se trata de una rehabilitación y mantenimiento de una carretera, es decir, decide si se mantendrá o se creará una nueva ruta.

Al momento de realizar un IMDA, nos puede calcular un volumen alto vehicular por día, lo cual podría poner en riesgo la factibilidad del proyecto, sin embargo, para esa clase de situaciones podemos optar por el VHD (volumen Horario de Diseño), son estudios detallados en puntos específicos o estratégicos de las obras viales por hora, un ejemplo de ello se observa en el siguiente grafico:

Figura 112

Volumen horario de diseño



La línea de color rojo representa a los vehículos que van de ida, la línea de color azul a los vehículos de vuelta y la línea de color verde indica la suma de ambos, resultando la "Demanda de Diseño", con esta cantidad podemos definir a que tipo de carretera pertenece nuestro proyecto.

Como siguiente paso se desarrolla la proyección a futuro. A continuación, en la Figura 113, se muestra el modelo de presentación de los cálculos de proyección para la carretera:

Figura 113

Cálculos de proyección de carretera

Año	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
Tráfico Proyectado	1,587	1,224	1,258	1,296	1,335	1,375	1,416	1,459	1,502	1,546	1,593	1,639	1,691	1,740	1,796	1,847	1,903	1,959
Autos	496	511	525	541	556	572	589	605	623	641	660	679	699	719	740	761	783	806
Station Wagon	71	73	75	77	80	82	84	87	89	92	94	97	100	103	106	109	112	115
Camioneta Pickup	193	199	204	210	216	223	229	236	243	250	257	264	272	280	288	296	305	313
Camioneta Panel	106	109	112	115	119	122	125	129	133	137	141	145	149	153	158	162	167	172
Camioneta Rural	36	37	38	39	40	42	43	44	45	47	48	49	51	52	54	55	57	59
Micró	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	9	9	9	9	10	10
Omnibus 2E	22	23	24	25	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	34	35	36	38
Omnibus 3E	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6
Omnibus 4E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Camión 2E	145	151	156	161	167	172	178	184	190	196	203	210	217	224	231	239	247	255
Camión 3E	40	42	43	44	46	47	49	51	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70
Camión 4E	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8
Camión 8x4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2S2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
T2S3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
T3S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3S2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
=T3S3	57	59	61	63	65	67	69	71	74	76	79	81	84	87	90	93	96	99
C2R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
=C3R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

El cálculo de la cantidad de vehículos proyectados se obtuvo con la siguiente fórmula establecida en el DG-2018:

$$P_f = P_0(1 + T_c)^n$$

Dónde:

P_f : tránsito final.

P₀ : tránsito inicial (año base).

T_c : tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.

n : año a estimarse.

Como se observa, se tiene el conteo promedio durante el año del vehículo que transitan por dicha vía, tenemos vehículos pequeños medianos y grandes, una vez obtenido estos datos se procede a elegir el vehículo de diseño el cual tiene como característica principal el vehículo predominante de dimensiones representativas dentro del conteo y proyección vehicular, seleccionando de entre los vehículos pesados rígidos los camiones o buses comúnmente, en el siguiente figura se observa el cuadro de vehículos para el dimensionamiento de carreteras según el DG-2018:

Figura 114

Datos básicos de vehículos para el dimensionamiento de carreteras

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70 / 1.90 / 4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00 / 12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30 / 0.80 / 2.15 / 7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40 / 6.80 / 1.40 / 6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45 / 5.70 / 1.40 / 2.15 / 5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40 / 11.90	2.00	1

La importancia de elegir el vehículo de diseño es para el cálculo de sobrecanchos en curvas para el paso de vehículos rígidos o articulados, verificación de maniobras en intersecciones, pasos a desnivel y/o intercambios viales y verificación de dimensiones de carriles, bermas, estacionamientos, ensanches de plataforma (plazoletas), etc. A continuación, se mostrará algunos ejemplos:

Figura 115

Sobrecancho en curvas



Figura 116

Maniobras que se realizan en intersecciones



Figura 117

Dimensiones de carriles



Se debe tener en cuenta que también el crecimiento del tránsito vehicular no solo depende del crecimiento poblacional, hay que tener en cuenta también el crecimiento económico de la zona que se beneficiara con la vía.

Una vez determinado el IMDA y seleccionado el vehículo de diseño se procede a la determinación de la clasificación de la vía por demanda según la DG-2018, a continuación, se muestra el siguiente recuadro:

Figura 118*Clasificación de la vía por demanda*

Clasificación	IMDA de Diseño
Autopista de Primera Clase	Más de 6000 veh/día
Autopista de Segunda Clase	Entre 4000 a 6000 veh/día
Carretera de Primera Clase	Entre 2000 a 4000 veh/día
Carretera de Segunda Clase	Entre 400 y 2000 veh/día
Carretera de Tercera Clase	Entre 200 y 400 veh/día
Trocha Carrozable	Menos de 200 veh/día

Para nuestro proyecto por tratarse de una zona rural y el conteo que se realizó durante 2 días no excedía los 150 vehículos diarios, además como es una vía intermedia que une los pueblos de Madrigal y Iari, en los extremos de la vía ya se tiene definido la sección de la vía, de nada serviría generar una vía amplia para que en la llegada de cada pueblo la vía se acorte, en necesario tener en cuenta esa información.

B. CONDICIONES INICIALES PARA EL DISEÑO – CLASIFICACION POR OROGRAFIA SEGÚN LA DG-2018

La orografía es la rama de la geografía física que estudia y describe el relieve de la tierra proporcionando información esencial para proyectar y construir una carretera, según la DG-2018 contempla la siguiente clasificación:

➤ **TERRENO PLANO (TIPO 1):** este tipo de terreno tiene pendientes transversales menores o iguales al 10% y la parte longitudinal donde se pretende proyectar la vía tiene pendientes menores al 3%, a continuación, se observa un ejemplo de este tipo de terreno.

Figura 119

Terreno plano Tipo 1



- **TERRENO ONDULADO (TIPO 2):** este tipo de terreno tiene pendientes transversales entre 11% y 50% y la parte longitudinal donde se pretende proyectar la vía tiene pendientes entre 3% a 6%, a continuación, se observa un ejemplo de este tipo de terreno.

Figura 120

Terreno ondulado Tipo 2



- **TERRENO ACCIDENTADO (TIPO 3):** este tipo de terreno tiene pendientes transversales entre 51% y 100% y la parte longitudinal donde se pretende proyectar la vía tiene pendientes entre 6% a 8%, a continuación, se observa un ejemplo de este tipo de terreno:

Figura 121

Terreno accidentado Tipo 3



- **TERRENO ESCARPADO (TIPO 4):** este tipo de terreno tiene pendientes transversales superiores al 100% y la parte longitudinal donde se pretende proyectar la vía tiene pendientes superiores al 8%, a continuación, se observa un ejemplo de este tipo de terreno:

Figura 122

Terreno escarpado Tipo 4



C. CONDICIONES INICIALES PARA EL DISEÑO – VELOCIDAD DE DISEÑO

Para definir este aspecto, es importante considerar tres conceptos clave. Primero, la velocidad de diseño, que corresponde a la velocidad establecida para un tramo homogéneo. En segundo lugar, la velocidad específica, que representa la velocidad máxima con la que se puede recorrer cada elemento geométrico, como tangentes, curvas o espirales. Finalmente, la velocidad de operación, que es aquella a la que

realmente circulan los vehículos, influenciada por factores como el tráfico, el estado del pavimento, las condiciones climáticas, la zonificación y la geometría del camino. La determinación de estos valores depende de la velocidad de diseño y las condiciones del entorno.

Según la DG-2018 la determinación de la velocidad de diseño se contempla en el siguiente recuadro:

Figura 123

Determinación de velocidad de diseño

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)											
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Autopista de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Autopista de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de tercera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												

D. DISEÑO GEOMETRICO EN PLANTA

Es la vista en planta de la carretera donde se puede observar el alineamiento de la carretera compuesta por una serie de elementos geométricos como líneas rectas (tangentes), curvas horizontales, espirales, curvas de transición, sobreeanchos y intersecciones en planta, el diseño geométrico en planta es muy importante para asegurar la circulación eficiente, segura y confortable de los vehículos, involucra una buena planificación escogiendo de entre varias alternativas de diseño en planta, la que demande menos movimiento de tierras.

En la siguiente figura se observa los pasos a seguir para poder lograr el trazo definitivo en planta:

Figura 124

Flujograma de trabajo para trazo definitivo en planta



Luego se procederá a hacer una análisis del tipo de terreno, teniendo entre los tipos 1 y 2 que son plano y ondulado respectivamente, posteriormente la demanda se ha definido entre 200 a 400 veh/día, la velocidad de diseño la obtendremos de acuerdo al tipo de terreno, para nuestro proyecto se tendrá en cuenta una velocidad de diseño de entre 40 a 80 km/h y en el apartado de las condiciones de contorno nos definirá también la velocidad de diseño en ciertos tramos, un ejemplo de ello es que podemos tener un tramo largo de vial donde hay una comunidad, zona de circulación de animales salvajes o zona urbana lo cual nos condicionara a modificar la velocidad de diseño.

Una vez considerado todas estas consideraciones se procede a diseñar los parámetros mínimos de diseño en planta, dentro de las cuales se tendrá la línea de gradiente la cual es la selección de la mejor alternativa para luego comenzar con el diseño definitivo.

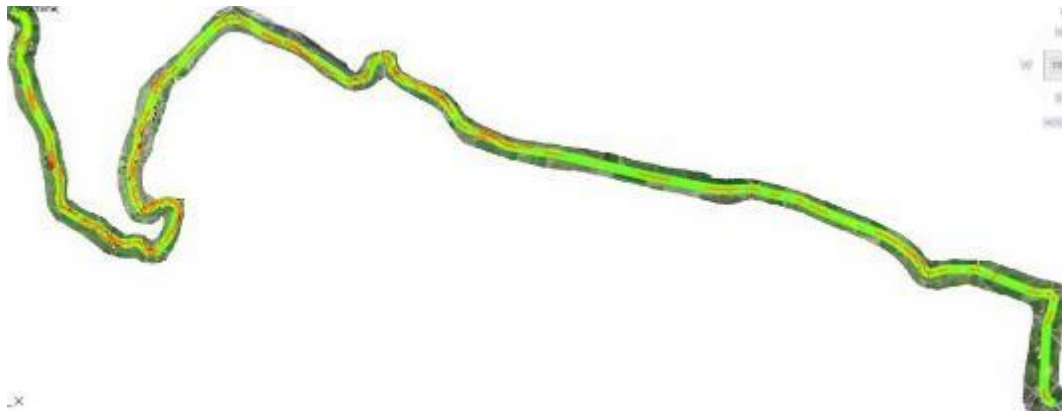
En cuanto al diseño de la línea de gradiente, para nuestro proyecto no será necesario ya que se trata de una trocha carrozable existente, en donde tanto el

diseño geométrico en planta está definido y también la línea de gradiente, lo único que nos quedaría pendiente en esta etapa sería el diseño del trazo definitivo con la información topográfica obtenida por medio de la fotogrametría.

Como punto de partida se procederá a demostrar el tipo de terreno de tiene nuestro proyecto en la siguiente imagen:

Figura 125

Tipo de terreno existente en el proyecto



En la Figura 125 podemos observar que se realizó un análisis de pendientes por medio de colores a la superficie topográfica, los resultados por tipo de terreno se muestran en la siguiente figura:

Figura 126

Clasificación por orografía

CLASIFICACION POR OROGRAFIA				
TIPO DE TERRENO	PEND. MIN	PEND. MAX	AREA	COLOR
TERRENO PLANO (TIPO 1)	0.00%	10.00%	60248.42	■
TERRENO ONDULADO (TIPO 2)	10.00%	50.00%	76437.88	■
TERRENO ACCIDENTADO (TIPO 3)	50.00%	100.00%	20522.23	■
TERRENO ESCARPADO (TIPO 4)	100.00%	<100 %	12684.13	■

En la Figura 126 podemos observar que el tipo de terreno predominante es de tipo 1 y tipo 2 correspondiente al tipo de terreno plano y ondulado respectivamente.

A continuación, se procederá a configurar los parámetros mínimos establecidos por la DG-2018 como es la ubicación de la vía, los rangos de velocidad, las longitudes

de curva mínima y máxima, longitudes mínima y máxima en tangentes, radios mínimos y máximos para curvaturas y por ultimo los parámetros de las curvas de transición, toda esta información se muestra en la siguiente figura:

Figura 127

Configuración de parámetros mínimos establecidos

PARAMETROS MÍNIMOS

UBICACIÓN DE VÍA: Área Rural (Plano u Ondulada)

VELOCIDAD:
Rango de Velocidades: 40, 50, 60, 70, 80, 90 km/h
Elegir: 40 km/h

LONGITUD CURVA:
LC Min: 120 m
Alta Velocidad:
LC Min: 240 m
LC Máx: 300 m

LONGITUD EN TANGENTE:
L mín. 1.38V: 56 m
L mín. 2.78V: 112 m
L máx. 16.70V: 358 m

RADIO MÍNIMO:
P máx: 0.0%
f máx: 6.17
Radio Min: 51 m

CURVAS DE TRANSICIÓN:
Tipo "J": J
J: 0.5 m/s³
A mín: 26.15
L mín: 13.57 m
L mín: 30.00 m
L máx: 20.35 m
R sin CT: 150 m

CALCULAR

ACEPTAR

Luego procedemos a aplicar los radios y espirales mínimos a nuestro alineamiento en planta, así como se muestra en la siguiente figura:

Figura 128

Radios mínimos y espirales

Radios Mínimos y Espirales

N°	PC (Pulg)	IS	Vel.	δ	α (gr)	H	R mín	L	Sa	P %	J (Caprol)	Lo 1	Lo 2	LIP 1	LIP 2
1	0+032.83	D	40	20°	2° 15'	75	50.39	26.48	3.1	7.4	SI	---	---	13.78	13.78
2	0+125.05	I	40	19°	2° 15'	210	50.39	80.64	1.08	4.3	NO	---	---	5.55	5.05
3	0+258.78	D	40	0° 2'	2° 15'	80.00	50.39	0.68	2.52	7.2	SI	30	30	13.57	13.57
4	0+317.26	I	40	11°	2° 15'	180	50.39	15.23	1.39	5	NO	---	---	7.77	7.77
5	0+413.00	D	40	24°	2° 15'	80	50.39	25.71	3.85	7.8	SI	---	---	14.75	14.75
6	0+499.50	I	40	35°	2° 15'	65.00	50.39	40.21	3.55	7.6	SI	30	30	14.46	14.46
7	0+595.25	I	40	10°	2° 15'	140	50.39	25.92	1.74	5.7	SI	---	---	9.57	9.57
8	0+647.13	D	40	27°	2° 15'	55	50.39	26.31	4.16	7.9	SI	---	---	15.11	15.11
9	0+733.84	I	40	59°	2° 15'	85	50.39	87.89	2.76	7	SI	---	---	12.96	12.99
10	0+802.36	D	40	82°	2° 15'	29.11	50.39	31.52	7.92	8	SI	---	---	15.43	15.43
11	0+890.20	I	40	35°	2° 15'	25.70	50.39	15.84	9.08	6	SI	30	30	15.43	15.43
12	0+941.06	I	40	47° 2'	2° 15'	145.00	50.39	11.39	1.69	5.8	SI	30	30	9.26	9.28

Demanda: Selección de Tercera Clase
 Sección: Terreno ondulado (tipo 2) T(11%) y 50% L(2%) y
 Ubicación Vía: Área Rural (Plano u Ondulada)

Datos de Curva:
 Número de Carreteras: 2
 Longitud de Vehículo: 15 m
 Bombeo: 2.0 %
 Ancho Carril: 3.6 m

SELECCIONAR ALINEAMIENTO
APLICAR RADIOS
APLICAR ESPIRALES

Como siguiente paso es el registro de peraltes con sus respectivas longitudes de transición para nuestro alineamiento en planta el cual se muestra en la siguiente figura:

Figura 129

Alineamiento en planta



En la norma también nos indica los parámetros para elegir el ancho del carril en función de la velocidad de diseño, en la siguiente figura se presenta el ancho de calzada seleccionada:

Figura 130

Ancho de calzada

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
	Tráfico vehiculos/día				Tráfico vehiculos/día				Tráfico vehiculos/día				Tráfico vehiculos/día							
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30km/h																			5.00	6.00
40 km/h																	6.60	6.60	6.60	6.00
50 km/h									7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.00
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60
90 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60
100 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60
110 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60
120 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60
130 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60

Para nuestro proyecto se usará un ancho de calzada de 6.00 m; también dentro de la norma nos indica el bombeo que debe tener nuestra vía proyectada,

generalmente este dato es calculado por un ingeniero especialista en hidrología, que de acuerdo a la intensidad de la lluvia se decide cual será el bombeo que tendrá cada carril a continuación, se muestra la siguiente figura:

Figura 131

Valores del bombeo de la calzada

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

De acuerdo a la Figura 131 elegiremos para nuestro proyecto un bombeo de 2.0. Luego se tiene que tomar en cuenta el ancho de la berma, en el reglamento también indica que ancho tendrá la berma en función de la velocidad de diseño, como se observa en la siguiente figura:

Figura 132

Ancho de bermas

Clasificación	Autopista		Carretera		Carretera		Carretera	
	> 6.000	6.000 - 4001	4.000-2.001		2.000-400		< 400	
Características	Primera clase	Segunda clase	Primera clase		Segunda clase		Tercera Clase	
Velocidad de diseño: 30 km/h								0.50 0.50
40 km/h							1.20 1.20	0.60 0.60
50 km/h			2.00 2.00				1.20 1.20	0.80 0.80
60 km/h		3.00 3.00	2.00 2.00	2.00 2.00	2.00 2.00	2.00 2.00	1.20 1.20	1.20 1.20
70 km/h	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	2.00 2.00	1.20 1.20
80 km/h	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	2.00 2.00	1.20 1.20
90 km/h	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	2.00 2.00	1.20 1.20
100 km/h	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	2.00 2.00	
110 km/h	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	2.00 2.00	
120 km/h	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	2.00 2.00	
130 km/h	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	3.00 3.00	2.00 2.00	

Para nuestro proyecto se va a considerar un ancho de berma de 0.50m ambos lados y también tendrán el mismo bombeo de la calzada es decir -2.00.

Posteriormente se tiene que verificar si la aplicación de los peraltes con sus longitudes de transición es correcta, pero primero veremos si en el alineamiento del AutoCAD civil 3D se aplicaron correctamente dichas configuraciones. En la Figura 133 se puede apreciar que se aplicaron correctamente los peraltes a las curvas:

Figura 133

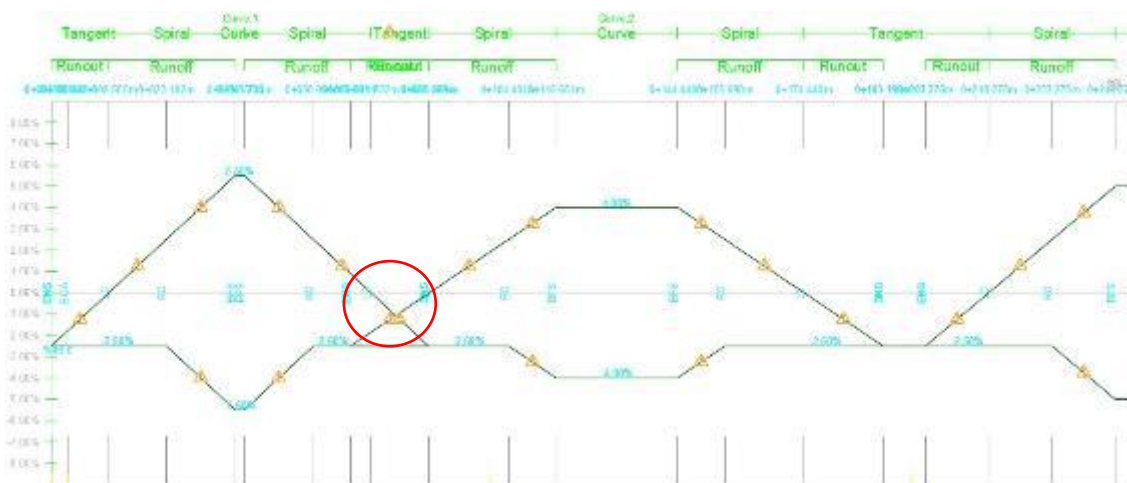
Peraltes aplicados correctamente

Superelevation Curve	Start Station	End Station	Length	Overlap	Left Outside Shoulder	Left Outside Lane	Left Inside Lane	Left Inside Shoulder
Curve.32								
Transition In Region	0+004.96	0+025.36	30.319m					
End Normal Shoulder	0+004.96				-4.00%	-2.00%	0.00%	0.00%
Runout	0+000.36m	0+005.66	5.319m					
End Normal Crown	0+000.36m				-2.00%	2.00%	0.00%	0.00%
Level Crown	0+020.68m				0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Runoff	0+005.66m	0+025.36	19.681m					
Level Crown	0+005.66m				0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Reverse Crown	0+011.03m				2.00%	2.00%	0.00%	0.00%
Low Shoulder Match	0+016.32m				4.00%	4.00%	0.00%	0.00%
Begin Curve	0+019.15m							
Begin Full Super	0+025.36m				7.40%	7.40%	0.00%	0.00%
Transition Out Region	0+040.01m	0+070.33	30.319m					
Runoff	0+040.01m	0+059.09	19.681m					
End Full Super	0+040.01m				7.40%	7.40%	0.00%	0.00%
End Curve	0+045.92m							
Low Shoulder Match	0+040.05m				-4.00%	-4.00%	0.00%	0.00%
Reverse Crown	0+054.38m				2.00%	2.00%	0.00%	0.00%
Level Crown	0+059.69m				0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Runout	0+059.69m	0+065.01	5.319m					
Level Crown	0+059.69m				0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Begin Normal Cro..	0+065.01m				-2.00%	2.00%	0.00%	0.00%
Begin Normal Shoulder	0+070.33m				-4.00%	-2.00%	0.00%	0.00%
Curve.1								
Transition In Region	0+065.47m	0+007.83	22.907m					
End Normal Shoulder	0+065.49m				4.00%	2.00%	0.00%	0.00%
Runout	0+070.82m	0+076.22	5.397m					
End Normal Crown	0+070.83m				-1.00%	-2.00%	0.00%	0.00%
Level Crown	0+076.22m				-4.00%	-2.00%	0.00%	0.00%
Runoff	0+076.22m	0+087.83	11.609m					
Level Crown	0+076.22m				-4.00%	2.00%	0.00%	0.00%

Como siguiente paso se procederá a verificar que no haya superposición de peraltes, para ello tendremos que generar un gráfico de vista de peralte en el programa civil 3d como se muestra en el siguiente grafico:

Figura 134

Gráfico de vista de peralte

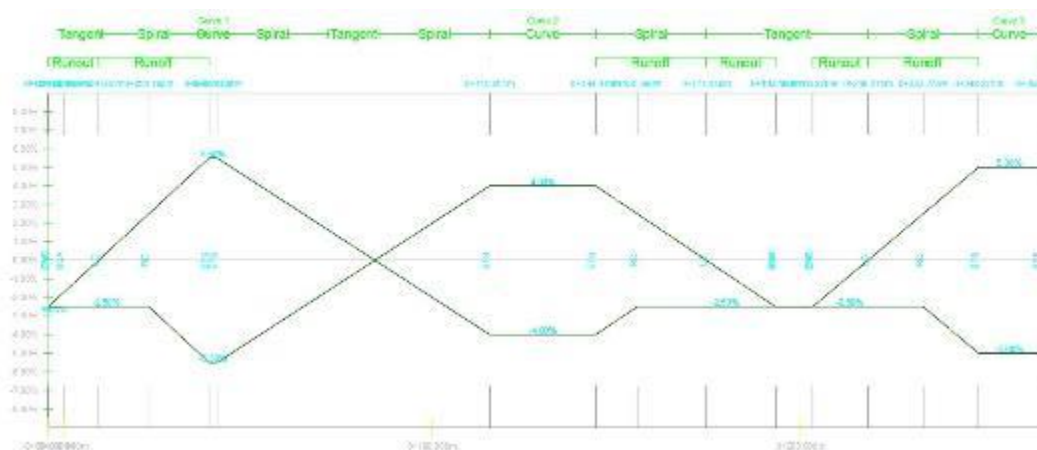


En la Figura 134 podemos observar el grafico de peraltes, en el cual detectamos que entre la curva 1 y 2 existe un traslape de peraltes el cual hay que corregir, el programa

AutoCAD civil 3D puede corregir esos traslapes de forma automática, a continuación, observaremos la siguiente figura:

Figura 135

Corrección de traslapes

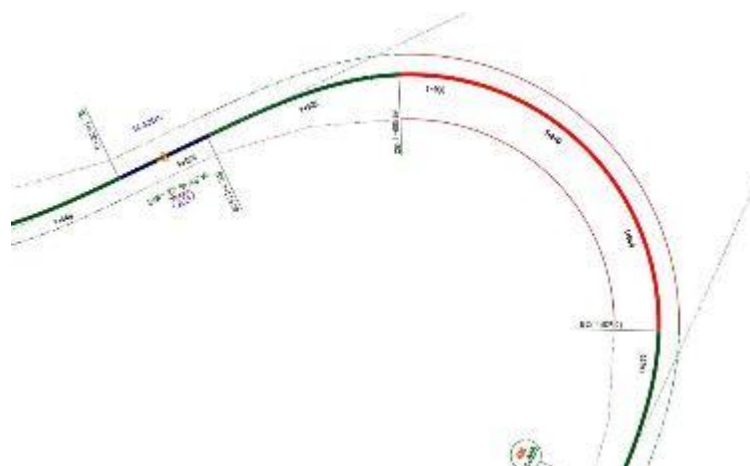


En la Figura 135 se puede observar que ya no existe traslape de peraltes entre la curva 1 y 2, del mismo modo se procede a corregir todos los posibles traslapes a lo largo del alineamiento.

Ahora se procederá a calcular los sobrecanchos de la vía, para lo cual el programa AutoCAD civil 3D puede cargar el archivo de normas de la DG-2018 y calcular los sobrecanchos de forma automática de acuerdo a los parámetros establecidos en dicha norma, a continuación, se observa el sobrecancho de la vía:

Figura 136

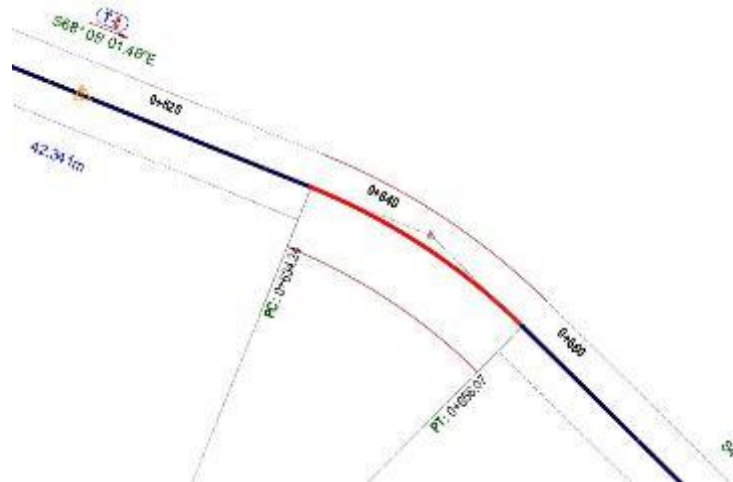
Sobrecancho de vía



En la Figura 136 se puede apreciar los sobreamos calculados dentro de una curva espiral, también se observa que los sobreamos coinciden dentro de la curva espiral como el sobreamo del tramo en tangente a la curva, pero

Figura 137

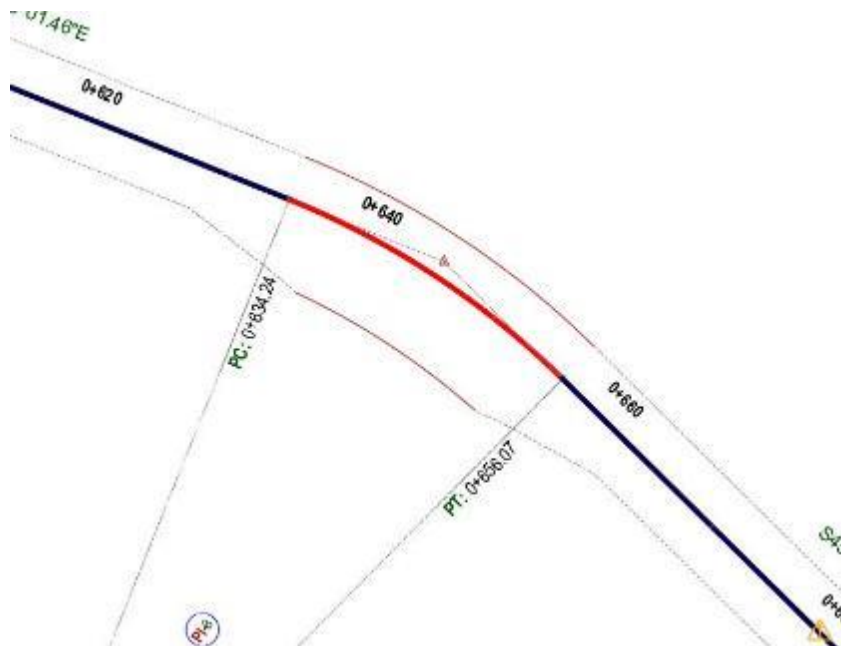
Sobreamo de entrada y salida no coincidente



En la Figura 137 se observa que el sobreamo de entrada y de salida no coincide con el sobreamo de la curva, para lo cual se tiene que corregir manualmente dentro del programa, así como se muestra en la siguiente figura:

Figura 138

Corrección de sobreamo



En la Figura 138 se observa el mismo tramo de la Figura 137 pero modificado, donde el sobreecho de ingreso y salida coinciden con el sobreecho de la curva. Con ello se estaría culminando el diseño en planta de la carretera Madrigal – Lari.

E. DISEÑO GEOMETRICO EN PERFIL

Una vez culminado el trazo definitivo en planta, se procede a diseñar el trazo vertical denominado también rasante o subrasante de la vía, para lo cual la norma DG-2018 indica los parámetros mínimos que debe cumplir dicha rasante, a continuación, se observa el siguiente recuadro:

Figura 139

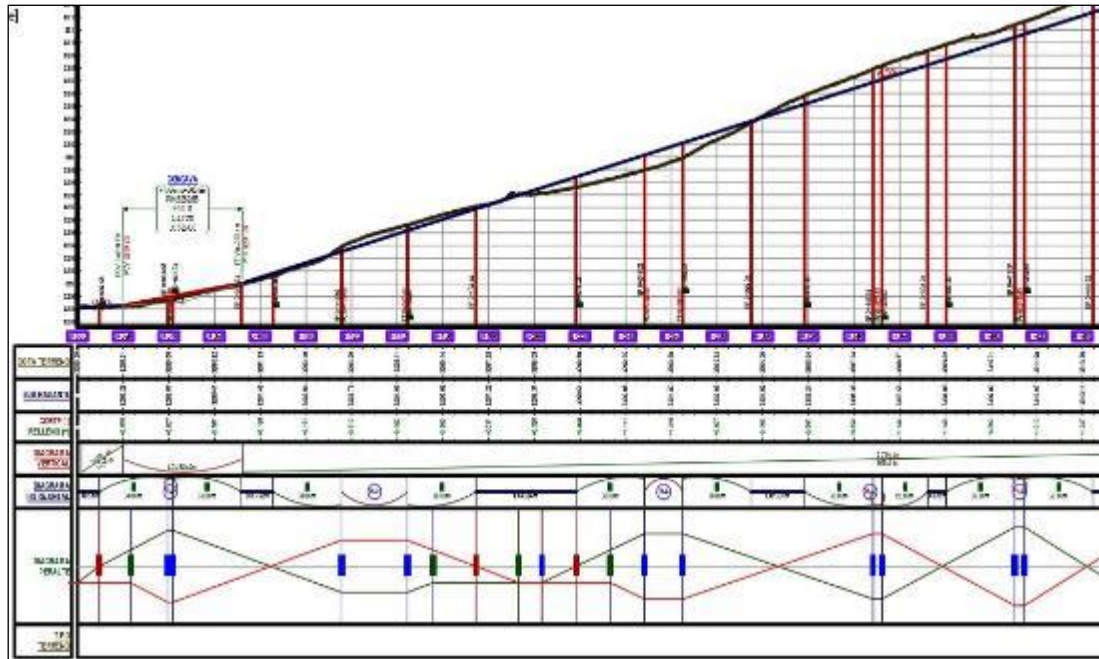
Parámetros a cumplirse

Demanda Vehículos/día	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																				
40 km/h															9.00	8.00	9.00	10.00		
50 km/h										7.00	7.00			8.00	9.00	8.00	8.00	8.00		
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00		
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00		
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00			6.00	6.00		7.00	7.00		
90 km/h	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00			6.00	6.00			
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00					6.00						
110 km/h	4.00	4.00			4.00															
120 km/h	4.00	4.00			4.00															
130 km/h	3.50																			

De acuerdo a la norma, en la Figura 139 nos muestra un cuadro con las pendientes verticales que debe tener nuestra carretera en función del tipo de orografía y la velocidad de diseño, esto se aplica en general en diseños donde recién se va a proyectar la carretera, para este proyecto y diseño no tomaremos en cuenta los parámetros indicados en la norma concerniente al diseño geométrico vertical de carreteras, esto por tratarse de una trocha carrozable existente, donde ya se tiene definido el alineamiento vertical y horizontal, cabe señalar que dicha trocha carrozable se hará la modificación o mejora a nivel de planta. En la siguiente figura se observa el diseño de la curva vertical:

Figura 140

Diseño de curva vertical



En la Figura 140 se observa que en perfil se tiene los datos de las progresivas, la cota de la subrasante, las alturas de relleno y corte, el diagrama de las curvas verticales tramos en tangente, el diagrama horizontal en planta y por último el peralte.

F. DISEÑO DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

Las secciones transversales fueron generadas de acuerdo al DG-2018 en donde se representa el relieve del terreno de un tramo en específico. En dicho tramo figura el eje de la vía, terreno natural, calzada y bermas de la vía, pendientes, drenaje, taludes de corte y relleno.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Identificación del área de estudio y establecimiento de un punto geodésico de orden "C"

En la Figura 141, se puede observar el lugar donde se emplazará el punto geodésico con código ARE05331, dicho punto tiene la coordenada E:200372 y N:8272034, estando ubicado en el punto más elevado dentro de la trayectoria de la trocha carrozable y cumpliendo con todas las condiciones y sugerencias del Instituto Geográfico Nacional.

Figura 141

Localización del punto geodésico



A continuación, en la Tabla 2 se puede visualizar información respectiva a la ubicación del punto geodésico:

Tabla 3

Descripción de la ubicación del punto geodésico

CODIGO	ARE05331
UBIGEO	040513
DEPARTAMENTO	AREQUIPA
PROVINCIA	CAYLLOMA
DISTRITO	MADRIGAL
REFERENCIAS	CERCA AL RESERVORIO DE GEOMEMBRANA
ACCESIBILIDAD	TROCHA CARROZABLE ENTRE DISTRITO DE LARI Y MADRIGAL

Del post - procesamiento de la información obtenida en campo, se obtuvo un informe de línea base donde figura los datos obtenidos y las coordenadas correspondientes a los puntos de control (Punto de inicio AQ03 y Punto final ARE5331), como se observa en las siguientes tablas:

Tabla 4

Punto de inicio AQ03

<i>Cuadrícula (Local)</i>		<i>Coordenadas geodésicas (locales)</i>		<i>Coordenadas geodésicas (WGS 84)</i>		<i>Espacio Coord. (WGS 84)</i>	
Norte (m)	8219476.558	Latitud	16°04'34.4 0 685"S	Latitud	16°04'34.4 0 685"S	X (m)	1844393.671 8
Este (m)	126301.6050	Longitud	072°29'32. 1607"S	Longitud	072°29'32. 1607"S	Y (m)	- 5846917.581 6
Altura (m)	625.3124	Altura elipsoide (m)	662.0410	Altura elipsoide (m)	662.0410	Z (m)	- 1755017.922 9

Tabla 5

Punto final ARE5331

<i>Cuadrícula (Local)</i>		<i>Coordenadas geodésicas (locales)</i>		<i>Coordenadas geodésicas (WGS 84)</i>		<i>Espacio Coord. (WGS 84)</i>	
Norte (m)	8272034.6427	Latitud	15°36'42.5 5744"S	Latitud	15°36'42.5 5744"S	X (m)	1920717.712 1
Este (m)	200371.0526	Longitud	071°47'39. 13615"S	Longitud	071°47'39. 13615"S	Y (m)	- 5839905.169 1

Altura (m)	3420.922 3	Altura elipsoide (m)	3463.2368	Altura elipsoide (m)	3463.2368	Z (m)	- 1706329.666 8
------------	---------------	----------------------	-----------	----------------------	-----------	-------	-----------------------

Durante la visita in situ realizada al área de estudio se redactó un diario de observación de campo en el cual se consignó datos como estación, coordenadas, altura de la antena, croquis de las medidas de la antena, entre otros; tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 142

Diario de observación de campo

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MADRIGAL

Diario de Observación GNSS Proyecto: Mejoramiento de la Carretera LARE - MADRIGAL

Estación
 Nombre Completo: ARE 05331 Identificación (4 letras): ARE05331
 Inscripción en el monumento: ARE 05331 Fecha: 26-01-2023

Coordenadas Aproximadas:
 Latitud: 15° 36' 43" Longitud: 71° 47' 39" Altura: 3417 m

Receptor / Antena	Tipo	Modelo	Nro. Serie
Receptor: <u>GPS</u>	<u>CHCNV</u>	<u>i50</u>	<u>3382837</u>
Antena: <u>CHCNV i50 UHF</u>			
Software del Receptor (Versión):	<u>---</u>		
Longitud del Cable Antena - Receptor:	<u>---</u> m		

Altura de la Antena
Sobre el monumento

Punto de referencia Platina

Vertical ó Inclinada

Antes de las Observaciones: 1,692 m

Después de las Observaciones: 1,692 m

Datos del Receptor: 1,692 m




Observación:
 Nro. de la sesión del mismo día: 01
 Intervalo de Medición: 1 Seg.
 Elevación Mínima: 10°
 Hora de Inicio: 9:10 am
 Hora de Término: 1:10 pm
 Operador / Institución: Ing. Mataguc P. J.

Croquis de las medidas de la Antena (Ejemplo)

Como parte del establecimiento del punto geodésico de orden "C", se elaboró su descripción monográfica, documentando de manera detallada sus características, ubicación y condiciones, de acuerdo con los estándares geodésicos establecidos. A continuación, se presenta la descripción monográfica del punto geodésico establecido:

Figura 143

Descripción monográfica del punto geodésico

 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MADRIGAL DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA			
NOMBRE ARE05331	CÓDIGO ARE05331	LOCALIDAD MADRIGAL	ESTABLECIDA POR: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MADRIGAL
UBICACIÓN: CAYLLOMA DISTRITO MADRIGAL		CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA: DISCO DE BRONCE DE 7.00 cm. DIAMETRO	
LATITUD (S) WGS-84 S 15°36'42.55744"	LONGITUD (W) WGS-84 O 71°47'39.13615"	NORTE (N) WGS-84 8272034.6427m.	ESTE (E) WGS-84 200371.0526m.
ALTURA ELIPSOIDAL 3463.2368		ELEVACIÓN (EGM-08) 3420.9223	ZONA UTM 19 SUR
ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO "C"			
CROQUIS TOPOGRÁFICO 		IMAGEN DE RASTREO DE ANTENA 	
		IMAGEN DEL DISCO 	
DESCRIPCIÓN El hito denominado ARE05331, se encuentra ubicado sobre un cerro que se encuentra entre la carretera Madrigal – Lari a 2.62 km en la margen derecha a 160m de dicha vía teniendo como punto de inicio el distrito de Madrigal y final el distrito de Lari, el punto se encuentra cerca de la quebrada Collpa.			
DESCRITA POR: BACH. MATAQUE PUMA JAVIER	REVISADO POR: ING. JUAN MANUEL COAGUILA	JEFE PROYECTO: ING. JUAN MANUEL COAGUILA	FECHA: FEBRERO - 2023



4.2 Levantamiento fotogramétrico según el plan de vuelo diseñado por etapas, siguiendo la geometría y variación altitudinal de la carretera en estudio.

En la siguiente tabla, se observará los resultados del GSD calculado para cada área de vuelo de acuerdo a los puntos de control establecidos en campo:

Tabla 6

Cálculo del tamaño del pixel en el terreno

DESCRIPCION	H MIN	H MAX	Δ	h	H	GSD
AREA 1	3281.44	3318.31	36.87	55.00	91.87	2.52
AREA 2	3318.31	3347.87	29.56	40.00	69.56	1.91
AREA 3	3347.87	3388.97	41.10	55.00	96.10	2.63
AREA 4	3388.97	3386.25	2.72	50.00	52.72	1.45
AREA 5	3386.25	3357.13	29.12	40.00	69.12	1.89
AREA 6	3357.13	3352.74	4.39	50.00	54.39	1.49

En el proceso de obtención de las imágenes para el levantamiento fotogramétrico, se logró capturar una serie de fotografías de alta calidad y resolución que cumplieron con los requisitos técnicos establecidos para el desarrollo del modelo tridimensional. Seguidamente, se presentan algunas de las fotografías captadas por el drone durante los 6 (seis) vuelos que se realizaron:

Figura 144

Tramo del vuelo N°1



Figura 145

Tramo del vuelo N°1



Figura 146

Tramo del vuelo N°2



Figura 147

Tramo del vuelo N°2



Figura 148

Tramo del vuelo N°3



Figura 149

Tramo del vuelo N°3



Figura 150

Tramo del vuelo N°4



Figura 151

Tramo del vuelo N°4



Figura 152

Tramo del vuelo N°5



Figura 153

Tramo del vuelo N°5



Figura 154

Tramo del vuelo N°6



Figura 155*Tramo del vuelo N°6*

4.3 Obtención de nube de puntos densa y ortofotos respectivas del levantamiento fotogramétrico

El procesamiento de las imágenes obtenidas durante el levantamiento fotogramétrico permitió generar una nube de puntos densa y las ortofotos correspondientes, cumpliendo con los estándares de precisión y calidad establecidos para el proyecto.

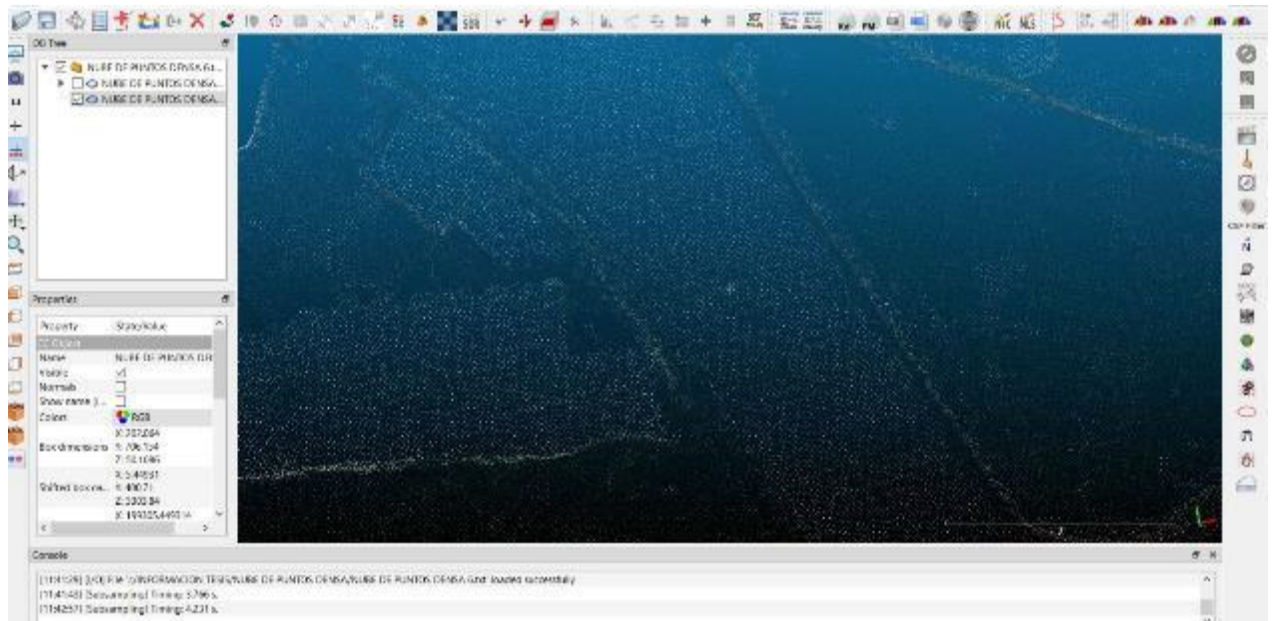
- Nube de puntos densa

A partir del procesamiento de las imágenes capturadas, se generó una nube de puntos densa mediante algoritmos de correlación automática, garantizando la adecuada distribución y densidad de los puntos en toda la superficie levantada.

El modelo generado fue georreferenciado utilizando puntos de control terrestres previamente establecidos, lo que aseguró la precisión espacial y la coherencia en relación con el sistema de referencia definido.

Figura 156

Nube de puntos densa generada



- Ortofotos

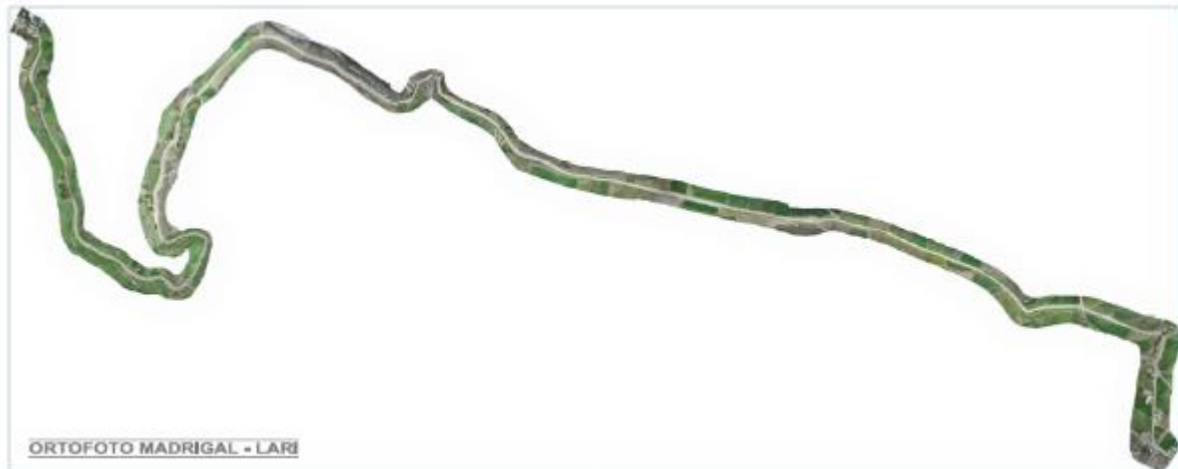
Este producto fotogramétrico se obtuvo a partir del procesamiento de las imágenes capturadas durante el levantamiento, integrando los datos de puntos de control terrestres previamente establecidos para asegurar su precisión espacial.

La ortofoto resultante presenta una resolución espacial que permite identificar con claridad detalles topográficos, estructurales y geográficos del área levantada, proporcionando una base precisa para análisis y aplicaciones posteriores. Su elaboración incluyó la ortorrectificación de las imágenes, corrigiendo efectos de perspectiva y variaciones en la elevación del terreno, lo que garantizó una representación uniforme y exacta.

A continuación, se presenta la ortofoto generada del área de estudio:

Figura 157

Ortofoto del área de estudio



Al archivo se le ha denominado como ortofoto general, tiene un tamaño de 0.57 GB, cuando inicialmente todas las ortofotos en formato .tiff pesaban un promedio de 3.56 GB, cabe señalar también que al momento de navegar dentro del programa se nota que no causa ningún retraso al momento de hacer un acercamiento en cualquier parte de la ortofoto, esto nos permite incluso trabajar en otras computadoras de baja gama sin ningún problema o retraso.

4.4 Diseño geométrico de la carretera de acuerdo al reglamento DG 2018.

El diseño geométrico de la carretera fue desarrollado conforme a las normativas establecidas en el Reglamento DG 2018, asegurando la seguridad, funcionalidad y sostenibilidad de la infraestructura vial. Se proyectaron pendientes adecuadas en el perfil longitudinal, cumpliendo con los parámetros de inclinación máxima y mínima para garantizar comodidad y seguridad en el tránsito. Las curvas horizontales fueron diseñadas con radios mínimos establecidos, mientras que las curvas verticales se optimizaron para proporcionar transiciones suaves, evitando cambios abruptos de pendiente.

Figura 158

Cuadro de elementos de curva – Primera parte

Nº	S	R	L	T	Δ	C	E	M	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
C-1	8	100	2.18	1.09	001°14'50"	2.18	0.01	0.01	0+039.56	0+041.73	199260.702	8272214.880
C-2	1	170	28.79	14.43	009°42'10"	28.75	0.61	0.61	0+115.65	0+144.44	199276.656	8272126.384
C-3	8	120	16.75	8.39	007°59'46"	16.73	0.29	0.29	0+248.28	0+265.02	199340.365	8272016.186
C-4	1	115	3.90	1.95	001°56'26"	3.89	0.02	0.02	0+348.33	0+352.22	199352.561	8271926.146
C-5	8	80	4.28	2.14	003°03'56"	4.28	0.03	0.03	0+410.34	0+414.62	199377.355	8271865.115
C-6	1	60	64.24	35.58	061°20'26"	61.21	9.76	8.39	0+467.05	0+531.28	199373.499	8271774.695
C-7	1	110	17.63	8.84	009°11'06"	17.61	0.35	0.35	0+574.27	0+591.90	199448.338	8271729.547
C-8	8	55	21.83	11.06	022°44'41"	21.69	1.1	1.08	0+634.24	0+656.07	199506.079	8271706.316
C-9	1	50	45.80	24.65	052°28'47"	44.21	5.74	5.15	0+704.05	0+749.85	199565.604	8271647.490
C-10	8	35	1.35	0.68	002°12'49"	1.35	0.01	0.01	0+794.47	0+795.82	199634.457	8271656.945
C-11	1	35	28.80	15.27	047°08'35"	27.99	3.19	2.92	0+851.18	0+879.98	199699.364	8271603.604
C-12	1	130	19.47	9.75	008°34'48"	19.45	0.37	0.36	0+929.88	0+949.34	199745.743	8271674.589
C-13	1	37	60.48	39.44	093°39'33"	53.97	17.08	11.69	1+025.21	1+085.69	199818.656	8271833.995
C-14	8	35	29.10	15.45	047°38'12"	28.27	3.26	2.98	1+160.13	1+189.23	199647.579	8271752.264
C-15	8	80	20.59	10.35	014°44'54"	20.54	0.67	0.66	1+235.30	1+255.89	199621.196	8271829.818
C-16	8	70	31.29	15.91	025°36'50"	31.03	1.79	1.74	1+306.32	1+337.61	199615.793	8271906.316
C-17	1	100	28.79	14.49	016°29'38"	28.69	1.04	1.03	1+368.13	1+396.92	199638.196	8271962.975
C-18	8	70	32.33	16.46	026°27'59"	32.05	1.91	1.86	1+435.49	1+467.82	199644.352	8272032.228
C-19	1	90	20.65	10.37	013°08'38"	20.6	0.6	0.59	1+498.42	1+519.06	199674.395	8272081.165
C-20	8	95	31.52	15.90	019°00'30"	31.37	1.32	1.3	1+609.20	1+640.71	199711.490	8272192.659
C-21	1	70	21.21	10.68	017°21'27"	21.13	0.81	0.8	1+686.41	1+707.62	199771.969	8272234.218
C-22	8	305	42.87	21.47	008°03'12"	42.84	0.75	0.75	1+754.91	1+797.78	199821.044	8272296.700
C-23	8	95	96.82	53.09	058°23'32"	92.68	13.83	12.07	1+899.51	1+996.33	199953.396	8272423.620
C-24	1	160	41.71	20.97	014°56'06"	41.59	1.37	1.36	2+074.52	2+116.23	200087.500	8272337.573
C-25	8	135	37.41	18.83	015°52'37"	37.29	1.31	1.29	2+158.27	2+196.68	200165.438	8272312.623
C-26	1	40	39.19	21.33	056°08'09"	37.64	5.33	4.7	2+416.25	2+455.44	200392.210	8272161.796
C-27	8	35	13.32	6.74	021°48'33"	13.24	0.64	0.63	2+513.93	2+527.26	200432.957	8272251.123
C-28	8	25	24.00	13.02	055°00'43"	23.09	3.19	2.83	2+559.81	2+583.81	200486.246	8272301.995
C-29	1	35	33.31	18.04	054°31'57"	32.07	4.38	3.89	2+620.11	2+653.42	200501.505	8272214.596
C-30	8	180	73.22	37.12	023°18'24"	72.72	3.79	3.71	2+790.28	2+863.50	200675.632	8272131.303
C-31	1	65	45.60	23.78	040°11'40"	44.67	4.21	3.96	2+908.64	2+954.24	200731.699	8272040.096
C-32	8	200	7.69	3.85	002°12'10"	7.69	0.04	0.04	3+019.68	3+027.37	200820.162	8272010.967
C-33	1	170	62.53	31.62	021°04'32"	62.18	2.92	2.87	3+072.85	3+135.38	200891.006	8271971.661
C-34	8	600	54.52	27.28	005°12'23"	54.5	0.62	0.62	3+230.12	3+284.64	201043.177	8271950.418
C-35	1	1000	40.65	20.33	002°19'44"	40.64	0.21	0.21	3+587.53	3+628.17	201384.470	8271870.661
C-36	1	195	45.50	22.85	013°22'09"	45.4	1.33	1.33	3+816.87	3+862.37	201612.217	8271827.115
C-37	8	120	31.05	15.61	014°49'39"	30.97	1.01	1	3+921.93	3+952.99	201710.152	8271831.467
C-38	8	90	22.97	11.55	014°37'15"	22.9	0.74	0.73	4+087.33	4+110.30	201867.963	8271797.108
C-39	1	300	30.64	15.33	005°51'07"	30.63	0.39	0.39	4+161.76	4+192.40	201937.828	8271761.658
C-40	8	310	163.13	83.50	030°09'04"	161.26	11.05	10.67	4+395.04	4+558.18	202219.181	8271653.363

Figura 159

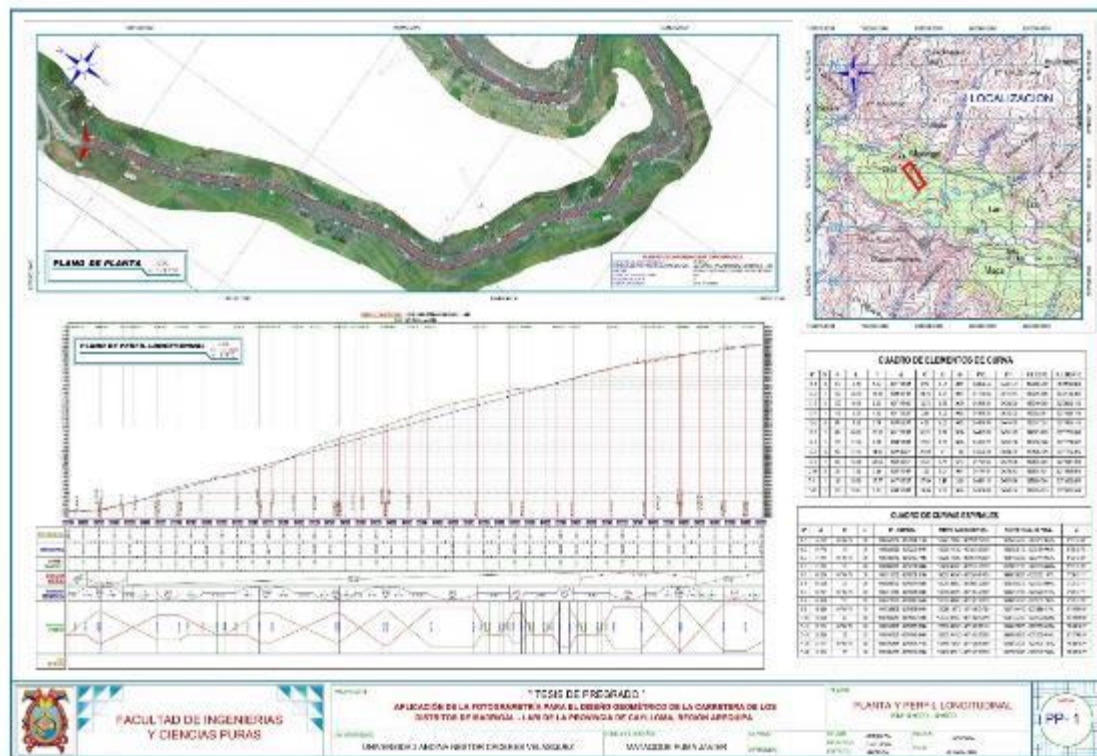
Cuadro de elementos de curva – Segunda parte

N°	S	R	L	T	Δ	C	E	M	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
C-41	1	35	9.00	4.53	014°44'10"	8.98	0.29	0.29	4+604.79	4+613.79	202305.331	8271546.203
C-42	8	250	123.67	63.13	028°20'33"	122.41	7.85	7.61	4+679.86	4+803.53	202439.828	8271576.374
C-43	1	50	18.74	9.48	021°28'10"	18.63	0.89	0.87	4+964.51	4+983.25	202656.686	8271486.219
C-44	8	25	15.18	7.83	034°47'56"	14.95	1.2	1.14	5+039.01	5+054.20	202740.364	8271484.606
C-45	8	80	3.08	1.54	002°12'24"	3.08	0.01	0.01	5+104.58	5+107.66	202722.558	8271416.533
C-46	1	50	12.39	6.22	014°11'33"	12.35	0.39	0.38	5+151.59	5+163.98	202707.559	8271367.057
C-47	1	35	35.73	19.60	058°29'07"	34.2	5.11	4.46	5+367.99	5+403.71	202696.843	8271137.478
PI-6	1	60	64.24	35.58	061°20'26"	61.21	9.76	8.39	0+467.05	0+531.28	199373.499	8271774.695
PI-7	1	110	17.63	8.84	009°11'06"	17.61	0.35	0.35	0+574.27	0+591.90	199448.338	8271729.547
PI-8	8	55	21.83	11.06	022°44'41"	21.69	1.1	1.08	0+634.24	0+656.07	199506.079	8271706.316
PI-9	1	50	45.80	24.65	052°28'47"	44.21	5.74	5.15	0+704.05	0+749.85	199565.604	8271647.490
PI-12	1	130	19.47	9.75	008°34'48"	19.45	0.37	0.36	0+929.88	0+949.34	199745.743	8271674.589
PI-15	8	80	20.59	10.35	014°44'54"	20.54	0.67	0.66	1+235.30	1+255.89	199621.196	8271829.818
PI-16	8	70	31.29	15.91	025°36'50"	31.03	1.79	1.74	1+306.32	1+337.61	199615.793	8271906.316
PI-17	1	100	28.79	14.49	016°29'38"	28.69	1.04	1.03	1+368.13	1+396.92	199638.196	8271962.975
PI-18	8	70	32.33	16.46	026°27'59"	32.05	1.91	1.86	1+435.49	1+467.82	199644.352	8272032.228
PI-19	1	90	20.65	10.37	013°08'38"	20.6	0.6	0.59	1+498.42	1+519.06	199674.395	8272081.165
PI-21	1	70	21.21	10.68	017°21'27"	21.13	0.81	0.8	1+686.41	1+707.62	199771.969	8272234.218
PI-22	8	305	42.87	21.47	008°03'12"	42.84	0.75	0.75	1+754.91	1+797.78	199821.044	8272296.700
PI-24	1	160	41.71	20.97	014°56'06"	41.59	1.37	1.36	2+074.52	2+116.23	200087.500	8272337.573
PI-25	8	135	37.41	18.83	015°52'37"	37.29	1.31	1.29	2+158.27	2+195.68	200165.438	8272312.623
PI-27	8	35	13.32	6.74	021°48'33"	13.24	0.64	0.63	2+513.93	2+527.26	200432.957	8272251.123
PI-29	1	35	33.31	18.04	054°31'57"	32.07	4.38	3.89	2+620.11	2+653.42	200501.505	8272214.596
PI-31	1	65	45.60	23.78	040°11'40"	44.67	4.21	3.96	2+908.64	2+954.24	200731.699	8272040.096
PI-33	1	170	62.53	31.62	021°04'32"	62.18	2.92	2.87	3+072.85	3+135.38	200891.006	8271971.661
PI-34	8	600	54.52	27.28	005°12'23"	54.5	0.62	0.62	3+230.12	3+284.64	201043.177	8271950.418
PI-35	1	1000	40.65	20.33	002°19'44"	40.64	0.21	0.21	3+587.53	3+628.17	201384.470	8271870.661
PI-36	1	195	45.50	22.85	013°22'09"	45.4	1.33	1.33	3+816.87	3+862.37	201612.217	8271827.115
PI-37	8	120	31.05	15.61	014°49'39"	30.97	1.01	1	3+921.93	3+952.99	201710.152	8271831.467
PI-38	1	300	30.64	15.33	005°51'07"	30.63	0.39	0.39	4+161.76	4+192.40	201937.828	8271761.658
PI-39	8	310	163.13	83.50	030°09'04"	161.26	11.05	10.67	4+395.04	4+558.18	202219.181	8271653.363
PI-42	1	50	18.74	9.48	021°28'10"	18.63	0.89	0.87	4+964.51	4+983.25	202656.686	8271486.219
PI-44	8	80	3.08	1.54	002°12'24"	3.08	0.01	0.01	5+104.58	5+107.66	202722.558	8271416.533
PI-45	1	50	12.39	6.22	014°11'33"	12.35	0.39	0.38	5+151.59	5+163.98	202707.559	8271367.057
PI-46	1	35	35.73	19.60	058°29'07"	34.2	5.11	4.46	5+367.99	5+403.71	202696.843	8271137.478
PI-47	8	90	22.97	11.55	014°37'15"	22.9	0.74	0.73	4+087.33	4+110.30	201867.963	8271797.108

El ancho de la calzada y los carriles se ajustaron a las especificaciones del reglamento, considerando el tipo de tráfico y nivel de servicio requerido, incorporando márgenes de seguridad y arcenes adecuados. Además, se implementaron medidas de seguridad vial, como señalización vertical y horizontal, así como elementos de protección en áreas de riesgo, garantizando la visibilidad y confort de los conductores, y mejorando la seguridad general de la vía. Este diseño cumple con los criterios técnicos del reglamento, optimizando la eficiencia del tránsito y favoreciendo la seguridad vial.

Figura 160

Plano planta y perfil longitudinal (Km 0+000 – 0+900)



En el apartado de los anexos se adjunta todos los planos de planta y perfil longitudinal, así como también las secciones transversales.



CONCLUSIONES

1. La metodología empleada para identificar el área de estudio y seleccionar una ubicación estratégica para la localización del punto geodésico de orden "C", cumplen con todas las características geográficas y topográficas, garantiza la utilidad del punto como referencia geodésica confiable para futuros proyectos o también si fuera el caso para la ejecución del proyecto, ya que cumple con los estándares técnicos establecidos por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), también es importante señalar que para cualquier proyecto de inversión pública esta normado el uso de puntos geodésicos como punto de partida, ya que este permite tener una ubicación y localización exacta del proyecto que se pretende concebir.
2. Es de vital importancia establecer la calidad de trabajo que se desea obtener antes de ir a campo para toma de información, para nuestro proyecto se tenía como punto de partida el distrito de Madrigal y como final el distrito de Lari, para lo cual se tuvo que definir primeramente que tamaño de pixel de terreno (GSD) se iba a trabajar, para lo cual se optó por usar como tamaño máximo de GSD 2.8cm/pixel, este paso importante nos condiciona a obtener el número de vuelo como también su longitud, es decir si se optaba por un GSD 1.5cm/pixel, se hubiera tenido que realizar más vuelos.
3. Para la etapa de post - procesamiento de la información obtenida en campo por medio de la fotogrametría, se puede concluir que cumple con lo que se planificó anteriormente, es decir que la calidad de la ortofoto no supera en ningún tramo el tamaño del GSD de 2.8cm/pixel, lo cual nos permitirá ver la ortofoto con gran nitidez, detectando detalles que no se especificaron en los planos, también señalar que el área topográfica está bien representada en la nube de puntos densa por medio de modelos 3D, señalar también que la fotogrametría entra en desventaja cuando existen arbustos, para lo cual se tuvo que combinar el método



tradicional para poder superar este obstáculo y así poder tener una superficie topográfica adecuada para posteriormente cualquier diseño, en un proyecto participan muchos profesionales como abogados, arquitectos, arqueólogos, ingenieros, etc. Los productos obtenidos de esta investigación podrán ser analizadas sin ningún problema por dichos profesionales y poder trabajar en temas que les concierne, ya que se procuró que la información no sea muy pesada y que se pueda abrir en un ordenador de gama media.

4. Culminado la superficie topográfica se comenzó con el Diseño Geométrico de carreteras teniendo en cuenta el reglamento DG-2018, se puede concluir que la información obtenida por medio de la fotogrametría fue muy útil para poder realizar curvas de nivel, diseño de alineamiento en planta, elevación y secciones transversales, obteniendo los cálculos de volumen de desmonte.



RECOMENDACIONES

1. Se recomienda siempre en todo proyecto tener en cuenta la ubicación y localización de un punto geodésico, es recomendable siempre colocar en puntos elevados y que pueda cubrir el área de estudio, también ver accesibilidad a dicho punto, ya que para la monumentación se requiere llevar materiales y equipo en el punto designado.
2. Se recomienda para determinar de forma correcta la cantidad de número de vuelos, trabajar con información previa como, por ejemplo: sacar perfiles longitudinales del área de estudio ya sea con Google Earth o Infracore, ya que con esta información y de acuerdo a la calidad de la ortofoto que se requiere nos indicara de forma tentativa la cantidad de vuelos que se requiere.
3. Se recomienda verificar siempre que el nivel de señal entre el control y el drone sea alto durante el desarrollo del vuelo.

**BIBLIOGRAFIA**

- Alberto, J. (2017) *Curso: Topografía con drones*.
- Aguisoft Metashape. (2019). *Procesamiento fotogramétrico de imágenes digitales*.
Obtenido de Aguisoft Metashape: <https://www.agisoft.com/>
- Arbe J. (2016) *Fotogrametría y fotointerpretación. Sesión I. Introducción, definición y antecedentes de la fotogrametría*.
- Avalos, J (2022). *Diseño de un dron para mapeo de zonas vulnerables a desastres naturales mediante uso de sensor de lidar. Pontificia Universidad Católica del Perú*.
- Barragan, G. (2015). *Generación de ortofotos y cartografía 2D y 3D mediante procesos fotogramétricos digitales con INTERGRAPH ERDAS IMAGINE. Universidad de las fuerzas armadas. Ecuador*.
- Borja, L.; Molano, J. & Amezquita, N. (2021). *Análisis comparativo de vuelos fotogramétricos de vehículos aéreos no tripulados (UAV). Universidad de Cundinamarca*.
- Braulio, C. (2005). *Principios básicos de la fotogrametría actual. Instituto Politécnico Nacional*.
- Castañeda R. & Gonzales E. (2019). *Uso de la aerofotogrametría para el estudio de pre factibilidad de la carretera Ayash distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento Ancash. Universidad Privada Anteno Orrego*.
- Ccapa N. & Robles L. (2022). *Determinación de la exactitud de levantamientos fotogramétricos con RPAS en terrenos empinados del sector Huaro, región Cusco 2021. Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco*.



- Claros R., Guevara A., Pacas N. (2016) *Aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados. Universidad de El Salvador.*
- Condori T., Derwin E., Mamani P. (2016). *Evaluación del diseño geométrico del camino de carga pesada (heavy haul road) proyecto minero las Bambas paquete 03.*
- Dolores, L. (2017) *Aplicación de métodos fotogramétricos mediante vehículos aéreos no tripulados para plano catastral en San Juan de Lurigancho 2017. Universidad Cesar Vallejo.*
- Fernandez, S. (2019). *Influencia de los puntos de control sobre el terreno en la precisión de modelo digitales de superficies generados mediante fotogrametría aérea. Universidad Politécnica de Madrid.*
- IIEG. (2019). *Glosario GPS/GNSS, Geodesia, Fotogrametría, Topografía, Cartografía y Catastro.*
- IGN. (2015). *Norma Técnica Geodésica. Lima: s.n., 2015. Instituto Geográfico Nacional.*
- Macedo, J. (2009). *Restituidores fotogramétricos en la facultad de ingeniería de la UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México.*
- Méndez, M; Jiménez, D. (2012). *Generación de Modelos de Elevación Digital (DEM) a partir del análisis fotogramétrico utilizando imágenes CARTA-2005. Tecnología en Marcha.*
- MGP. (2020). *Procedimientos para las mediciones topográficas con sistema aeronáutico pilotado a distancia (RPAS) fotografía aérea. Marina de guerra del Perú.*
- MTC. (2008). *Glosario de Términos de Infraestructura Vial. 2008-MTC/02.*
- Neira, R. (2005). *Fotografía aérea. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Austral de Chile.*



- Ocsa, M. & Barreda R. (2022). *Aplicación de drone para elaborar modelos digitales en frente de minado, Unidad Minera Las Bambas. Universidad Continental.*
- Parra, R. (2019). *Modelo analítico de los parámetros para la fotogrametría con drones en obras viales. Universidad Peruana Los Andes.*
- Pérez, C & Álvarez Y. (2022). *Fotogrametría con dron para obtención de medidas de Longitud de terreno determinado. Universidad Cooperativa de Colombia.*
- Quiros, E. (2014). *Introducción a la Fotogrametría y Cartografía aplicadas a la Ingeniería Civil. Universidad de Extremadura.*
- Sani, J., Tierra, A.; Robayo, A. (2014). *Seminario: Vehículos aéreos no tripulados-UAV para la elaboración de cartografía escalas grandes referidas al marco de referencia SIRGAS-Ecuador.*
- Santos D. (2014). *Fotogrametría usando plataforma aérea UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Universidad Politécnica de Cataluña.*
- Smith, G. S. (1995). *Digital orthophotography and GIS. En Proceedings of the 1995 ESRI user conference .*
- Tacca, H. (2015). *Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional. Universidad Nacional del Altiplano.*
- UNNE. (2011). *Cátedra Fotointerpretación: Apuntes de teoría, Principios de Fotogrametría. Facultad de Ingeniería, Centro de Geociencias Aplicadas. Universidad Nacional del Nordeste (UNNE).*
- Vásquez A. (2021). *Análisis del volumen de material apilado obtenido de un levantamiento topográfico con drone comparado con el volumen obtenido de un levantamiento topográfico con estación total. Universidad Nacional de Cajamarca.*



Zapata, O. (2003). *Fundamentos de fotogrametría para imágenes de contacto y digitales. Aproximación a pedagogías intensivas. Universidad Nacional de Colombia.*

Zapata, O. (2004). *Fundamentos de fotogrametría para imágenes de contacto y digitales. Universidad Nacional de Colombia.*



ANEXOS



ANEXO 1
MATRIZ DE CONSISTENCIA



TITULO: APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL – LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA

LINEA DE INVESTIGACION: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

RESPONSABLE: Bach. JAVIER MATAQQUE PUMA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INDICES
Problema general ¿De qué manera la aplicación de la fotogrametría beneficiaría el diseño geométrico de la carretera de los distritos de Madrigal – Lari de la provincia de Caylloma, región Arequipa?	Objetivo general Aplicar la fotogrametría para el diseño geométrico de la carretera de los distritos de Madrigal – Lari de la provincia de Caylloma, región Arequipa.	Hipótesis general La fotogrametría mejora la precisión de los datos topográficos, proporcionando una representación detallada del terreno, facilitando la gestión eficiente de la infraestructura vial	Variable independiente Aplicación de la fotogrametría.	- Georreferenciación. - Altura de vuelo. Tamaño del pixel del terreno GSD. - Rutas de vuelo. Captura de imágenes.	- Error absoluto (mm) - Altura (m) - Resolución (cm/pixel) - Número de vuelos (N) - Número de fotografías (N)
Problemas específicos 1. ¿Cómo se realiza la identificación del área de estudio y el establecimiento de un punto geodésico de orden "C"? 2. ¿Cómo se realiza el levantamiento fotogramétrico según el plan de vuelo a diseñarse por etapas, siguiendo la geometría y variación altitudinal de la carretera en estudio? 3. ¿Cómo se obtiene una nube de puntos densa y las ortofotos respectivas del levantamiento fotogramétrico? 4. ¿Cuál será el diseño geométrico de la carretera de acuerdo al reglamento DG 2018?	Objetivos específicos 1. Identificar el área de estudio y establecer de un punto geodésico de orden "C". 2. Realizar el levantamiento fotogramétrico según el plan de vuelo a diseñar por etapas, siguiendo la geometría y variación altitudinal de la carretera en estudio. 3. Obtener la nube de puntos densa y ortofotos respectivas del levantamiento fotogramétrico 4. Realizar el diseño geométrico de la carretera de acuerdo al reglamento DG 2018.	Hipótesis específicas 1. La correcta identificación del área y establecimiento del punto geodésico garantizarán la precisión del levantamiento fotogramétrico. 2. El levantamiento fotogramétrico realizado según el plan de vuelo adaptado a la geometría y altitud de la carretera proporcionará datos precisos y detallados para el análisis del terreno. 3. La obtención de una nube de puntos densa y ortofotos de alta resolución aumentará la exactitud del modelo del terreno. 4. El diseño geométrico basado en datos fotogramétricos cumplirá con las normativas y optimizará la planificación vía.	Variable dependiente Diseño geométrico de la carretera	Precisión del punto geodésico. Densidad de la nube de puntos. Resolución de la ortofoto. - Calidad del diseño geométrico.	- Error absoluto (mm). - Número de puntos por vuelo (N ² /vuelo). - Tamaño de pixel del terreno (cm/pixel). - Índice medio diario anual (N Vehículos/día). - Velocidad de diseño (km/h) - Pendientes (%) - Radios de curvas horizontales y verticales (m).



ANEXO 2
FORMATO UNICO PARA LA CERTIFICACION DE PUNTOS
GEODESICOS

FORMATO ÚNICO PARA LA CERTIFICACIÓN DE PUNTOS GEODÉSICOS

INFORME TÉCNICO

MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA LARI – MADRIGAL KM 0+000 AL
5+890.35 DISTRITO EL MADRIGAL, PROVINCIA DE CAYLLOMA,
DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

MUNICIPALIDAD DISTRITAL EL MADRIGAL



FEBRERO - 2023



1. DATOS GENERALES:

a. DATOS DE LA PERSONA RESPONSABLE DEL INFORME TÉCNICO.

NOMBRE:	Mataque Puma Javier
EMPRESA o INSTITUCIÓN:	Municipalidad Distrital de Madrigal
DIRECCIÓN:	Alto Selva Alegre Villa Unión Mz A' Lote 2 Comité 6
TELÉFONO FIJO:	990616503
CELULAR:	990616503
PÁGINA WEB:	
CORREO ELECTRÓNICO:	javiermataque@gmail.com
FIRMA Y POST-FIRMA:	

b. NOMBRE DE LA PERSONA NATURAL O JURÍDICA A QUIEN SE CERTIFICARÁ LOS PUNTOS GEODÉSICOS.

SE CERTIFICA A:	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MADRIGAL
-----------------	-------------------------------------

c. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS GEODÉSICOS.

CÓDIGO:	ARE05331
UBIGEO:	040513
DEPARTAMENTO:	AREQUIPA
PROVINCIA:	CAYLLOMA
DISTRITO:	MADRIGAL
REFERENCIAS:	CERCA DEL RESERVORIO DE GEOMEMBRANA
ACCESIBILIDAD:	TROCHA CARROZABILE ENTRE DISTRITO DE LARI Y MADRIGAL

d. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS UTILIZADOS.

N°	EQUIPOS / INSTRUMENTOS	MARCA	MODELO	CANTIDAD
1	GPS Diferencial	CHCNAV	150	01
2	Base Nivelante	CHCNAV		01
3	Tripode	CHCNAV		01
4	Cámara	Samsung Galaxy	Note 20	01
5	Disco de Bronce			01
6	Pico y Lampa			01
7	Flexómetro	CHCNAV		01
8	CHC Geomatics	CHCNAV	Office 2	01

2. CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD Y/O CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS GNSS UTILIZADOS (ACTUALIZADOS Y/O EN VIGENCIA).

EQUIPO 1

The certificate is on a light yellow background with logos for GARMIN, CHCNAV, GEOPERU, SOUTH, and TOPCON SOKKIA. A red box highlights the title 'CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD'. The text is as follows:

Otorgado A:
MATAQUE PUMA JAVIER

EQUIPO: GPS DIFERENCIAL MARCA CHCNAV/60
CERTIFICA QUE EL GPS BASE Y ROVER
Se encuentran 100% operativos

RECEPTOR (BASE) SERIE N° 3382337
Revisión de conectores, verificación funcionamiento y puertos de comunicación, revisión recepción de satélites, revisión niveles de recepción satélites, verificación de firmware receptor, comprobación inicialización base

RECEPTOR (ROVER) SERIE N° 3382808
Revisión de conectores, verificación funcionamiento y puertos de comunicación, revisión recepción de satélites, revisión niveles de recepción satélites, verificación de firmware receptor, comprobación inicialización Rover, verificación funcionamiento RTE

UNIDAD DE RADIOS EXTERNA OLRO Serie N° 02021795
Revisión general, Parámetros de configuración software y hardware y conexiones

Fecha de Revisión: 23 de Enero de 2023
Fecha de Validación: 23 de Enero de 2024

Téc. A/Nº
Álvaro Torres
GEOPERU

4. IMÁGENES DE LOS EQUIPOS GNSS UTILIZADOS

(IMAGEN FRONTAL Y POSTERIOR DE LA ANTENA GNSS QUE VISUALICE SUS DETALLES).

EQUIPO 1





5. MEMORIA DESCRIPTIVA

a. GENERALIDADES

a.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.

DISTRITO : MADRIGAL
 PROVINCIA : CAYLLOMA
 DEPARTAMENTO : AREQUIPA
 UBIGEO : 040513

a.2 PERIODO Y DURACIÓN DE LOS TRABAJOS.

FECHA	CÓDIGO	HORA DE INICIO	HORA FINAL	DURACIÓN
20-01-2023	ARE05331	9:10 am	1:10 pm	04h 00m 00s

b. METODOLOGÍA

b.1 MONUMENTACIÓN

La monumentación del punto geodésico denominado "ARE05331", se realizó con las siguientes dimensiones: 40 x 40 x 60cm, siendo la marca de estación una placa de bronce con las medidas y recomendaciones que establece el IGN, lleva inscrito el nombre de la institución "MUNICIPALIDAD DISTRITAL EL MADRIGAL" junto con el código, el orden y el año de observación.

b.2 CONTROL HORIZONTAL

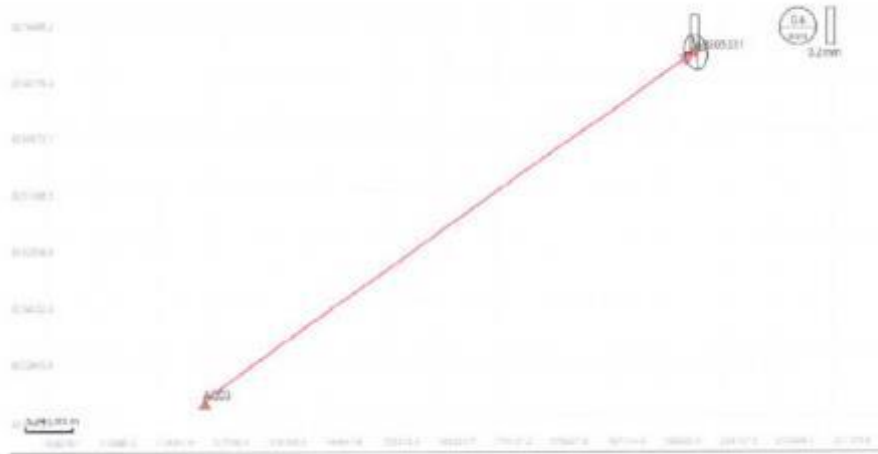
Para el control horizontal se utilizó el método de posicionamiento diferencial estático el cual consiste en tomar datos en un punto base de coordenadas previamente conocidas para el proyecto se empleó la estación de rastreo permanente AQ03 de orden "0" establecido por el IGN, ubicado en la Municipalidad del distrito de Aplao, departamento de Arequipa y provincia de Castilla.

b.2.1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA CADA PUNTO GEODÉSICO ESTABLECIDO.

CÓDIGO:	ARE05331
METODO DE POSICIONAMIENTO:	Estático
ESTACIÓN BASE:	AQ03
INTERVALO DE GRABACIÓN:	1 seg.
MÁSCARA DE ELEVACIÓN:	10°
DATUM HORIZONTAL:	WGS-84
TIEMPO DE REGISTRO DE DATOS:	04h 00m 00s

b.3 CÁLCULO.

b.3.1 ESQUEMA O FIGURA DE LA LÍNEA BASE Y/O AJUSTE DE RED GENERADO POR EL SOFTWARE DE PROCESAMIENTO.



c. PERSONAL Y EQUIPOS:

c.1 PERSONAL

- 02 ingenieros
- 01 monumentador
- 02 ayudantes
- 01 conductor

c.2 EQUIPOS

- 01 equipo GPS diferencial CHCNAV ISO
- 01 trípode
- 01 base nivelante
- 01 cámara teléfono celular de alta gama
- Herramientas manuales para la excavación (pico, lampa y barreta)

c.3 SOFTWARE

Para el procesamiento de la información, se utilizó el CHC Geomatics Office 2.

d. RESULTADOS

El cálculo de la altura de la antena se realizó en el programa de post-procesamiento CHC Geomatics Office 2, existe 3 opciones de altura de antena, para este caso se usó la opción Bottom of antenna mount (parte inferior del montaje de la antena).

Los valores obtenidos de las coordenadas de los puntos de control se muestran en el siguiente cuadro:

Punto de control 1(72)

Coordenada (Lora i)	Coordenadas geodésicas (local a)	Coordenadas geodésicas (WGS84 b)	Espacio Cart. (WGS84 c)
Norte(m)	1210426.588 i	Latitud 16°04'31.8000"S	X (m)
Este(m)	126301.8050	Longitud 072°29'32.1607 2°O	Y (m)
Altura (m)	623.3124	Altura elipsoidal (m)	Z (m)

Punto BaseARE45331

Coordenada (Lora i)	Coordenadas geodésicas (local a)	Coordenadas geodésicas (WGS84 b)	Espacio Cart. (WGS84 c)
Norte(m)	872304.640 j	Latitud 15°36'42.53744"S	X (m)
Este(m)	30373.8926	Longitud 071°47'28.1341 2°O	Y (m)
Altura (m)	3420.9223	Altura elipsoidal (m)	Z (m)

e. CONCLUSIONES

- La información básica recopilada ha servido de base para procesar los puntos geodésicos en la zona de proyecto.
- Se realizó los ajustes respectivos por los métodos de mínimos cuadrados, la cual se obtuvo un resultado al 100%
- Los resultados de la línea base y post-procesamiento se observan en el siguiente cuadro:

I Resumen de línea de base

Nombre	Valor
ID de línea base(Inicio->Fin)	B01(AQ03026aA.hcs->ARE05331026O.hcs)
Tipo de solución	Le Fix
Efemérides usadas	Preciso
Elipsoide Dist.(m)	90802.4192
Máscara de elevación	10
RMS(m)	0.0198
HDOP	1.244
VDOP	2.195
PDOP	2.523
Numero total de satélites	9
Hora de inicio (GPST)	2023-01-26 14.10.12(semana : 2246 , segundo : 396612)
Tiempo de parada (GPST)	2023-01-26 18.10.11(semana : 2246 , segundo : 411011)
Tiempo de observación	03:59:59

Línea	Punto de inicio	Punto final
Archivo de datos	E:\TRABAJOS 2021\ING COMEJILA\CARRUTERA LARI - MADRUGALIA ARCHIVOS RIN-AQ03_26-01-2023-AQ03026aA.D3r	E:\TRABAJOS 2021\ING COMEJILA\CARRUTERA LARI - MADRUGALIA DATOS GPS DIFERENCIAL 2023\03-Res-AR05331026O_HCN
Tipo de observación	TRIMBLE NETRS	CHC191
Receptor usado	4912K34548	3382817
Tipo Antena	TRM415971.00 T200	CHC191
Tipo de medida	Medida base al fondo	Medida base al fondo
Antena Altimétrica (m)	0.0730	1.4420

Errores estándar

Std.North(m)	0.0002	Std East Antena(m)	0.0000	North A X(m)RM	0.0003
Std. Alt(m)	0.0003	Std.Elipsoid Distance (m)	0.0000	North A Y(m)RM	0.0005
Std.Azimuth(m)	0.0003	Std.AF Elipsoid Altura (m)	0.0002	North A Z(m)RM	0.0002
Precisión horizontal (m)	0.0346	Precisión vertical (m)	0.0435		

Matriz de covarianza a posteriori (cm² B)

	X	Y	Z
X	0.0011		
Y	-0.0002	0.0023	
Z	-0.0005	0.0005	0.0006

6. DIARIO DE OBSERVACIÓN LLENADO EN CAMPO.

		MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MADRIGAL		
Diario de Observación GNSS		Proyecto: <u>Mantenimiento de la Carretera LARE - MADRIGAL</u>		
Estación Nombre Completo: <u>ARE05331</u>		Identificación (4letras): <u>ARE05331</u>		
Inscripción en el monumento: <u>ARE 05331</u>		Fecha: <u>26-01-2023</u>		
Coordenadas Aproximadas: Latitud: <u>15° 36' 43"</u> Longitud: <u>71° 47' 39"</u> Altura: <u>3417</u> m				
Receptor / Antena		Tipo	Modelo	Nro. Serie
Receptor: <u>GPS</u>		<u>CHCNV</u>	<u>P50</u>	<u>3382837</u>
Antena: <u>CHCNV P50 VHF</u>				
Software del Receptor (Versión):				
Longitud del Cable Antena - Receptor:				m
Altura de la Antena Sobre el monumento		Croquis de las medidas de la Antena (Ejemplo) 		
Punto de referencia <u>Platina</u>				
<input type="checkbox"/> Vertical ó <input checked="" type="checkbox"/> Inclinada				
Antes de las Observaciones: <u>1,692</u> m				
Después de las Observaciones: <u>1,692</u> m				
Datos del Receptor: <u>1,692</u> m				
Observación:				
Nro. de la sesión del mismo día: <u>01</u>				
Intervalo de Medición: <u>1</u> Seg.				
Elevación Mínima: <u>10°</u>				
Hora de Inicio: <u>9:10 am</u>				
Hora de Término: <u>1:10 pm</u>				
Operador / Institución: <u>Ing. Matucos P. J.</u>				

7. SOFTWARE EMPLEADO PARA EL PROCESAMIENTO DEL PUNTO (VERSIÓN)

SOFTWARE:	CHC GEOMATICS
VERSIÓN:	OFFICE 2

8. REPORTE DE PROCESAMIENTO Y/O AJUSTE DE RED GENERADO POR EL SOFTWARE DE PROCESAMIENTO

a. ANÁLISIS DE PROCESAMIENTO

Para realizar el post procesamiento diferencial de los datos recopilados en la memoria interna del GPS y los datos de la Estación Permanente de Arequipa se empleó el Software CHC Geomatics Office 2. En esta etapa la información es transferida a un ordenador personal, se verificó que los datos ingresados sean los mismos del diario de observación GPS generado en campo; la Línea Base formada se analizaron los gráficos de residuales de cada satélite GNSS (GPS, GLONASS y GALILEO), en la sesión no se tuvo la necesidad de editar los satélites y lapsos de tiempo para eliminar datos que presenten saltos de ciclo y ruido Pseudo-Aleatorio que afecten la precisión de los resultados adquiridos.

Se ha empleado la elevación calculada con referencia al modelo geopotencial de la Tierra EGM2008 (Earth Gravitational Model 2008)

b. ANÁLISIS Y COMENTARIO DE RESIDUALES

Lista de línea base

Nombre	Valor
Estación de Estación de Base	1
La línea base entre (estación)	001 (AGUO01) - 002 (002) (002) (002) (002) (002)
La línea base entre (estación)	001 (AGUO01) - 002 (002) (002) (002) (002) (002)
Porcentaje de observación	001 (AGUO01) - 002 (002) (002) (002) (002) (002)
Base estadística de la línea base de base	1 (002) (002)

Lista de resultados de línea base

ID de línea base (Estación - Estación)	Punto de inicio	Punto final	Tipo de sesión	Distancia estimada de línea base (m)	RSO	SDO	RS	SD	RS (Pre-Ajuste)	SD (Pre-Ajuste)	Dispersión (cm)	Altura (cm)	Dist. horizontal (cm)	Distancia (cm)	Vertical (cm)
001-AGUO01-002-002	001	002	1:15:00	00	1.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Punto de inicio (001)

Coordenada (Luz B)	Coordenadas geodésicas (local)	Coordenadas geodésicas (WGS84)	España Cons. (WGS84)
Norte (m)	Latitud	Latitud	X (m)
Este (m)	Longitud	Longitud	Y (m)
Altura (m)	Altura elipsoide (m)	Altura elipsoide (m)	Z (m)

Punto final (002)

Coordenada (Luz B)	Coordenadas geodésicas (local)	Coordenadas geodésicas (WGS84)	España Cons. (WGS84)
Norte (m)	Latitud	Latitud	X (m)
Este (m)	Longitud	Longitud	Y (m)
Altura (m)	Altura elipsoide (m)	Altura elipsoide (m)	Z (m)



1 Resumen de línea de base

Nombre	Valor
ID de línea base (inicio->fin)	801(AQ03026aA.hes->ARE051110760.hes)
Tipo de solución	Lc Fix
Efemérides usadas	Précis
Elipsoide Doc (m)	90802.4192
Máscara de elevación	10
RMS(m)	0.0198
HEDOP	1.244
VDOP	2.195
PDOP	2.525
Número total de satélites	9
Hora de inicio (GPST)	2023-01-26 14:10:12 (semana : 2246, segundo : 396412)
Tiempo de parada (GPST)	2023-01-26 18:10:11 (semana : 2246, segundo : 411011)
Tiempo de observación	03:59:59

3 Componentes de estación

Punto de referencia

Coordenada (Local)	Coordenadas geodésicas (Geoid)	Coordenadas geodésicas (WGS84)	Elevación Geod. (WGS84)
Paralelo	82°29'12.111"	Latitud	1°19'21.9282" S
Longitud	82°51'48.033"	Longitud	82°51'48.033" W
Altura (m)	875.974	Altura Geodésica (m)	867.9418

Punto Base (BARRANCO)

Coordenada (Local)	Coordenadas geodésicas (Geoid)	Coordenadas geodésicas (WGS84)	Elevación Geod. (WGS84)
Paralelo	82°22'04.8421"	Latitud	1°19'42.15194" S
Longitud	82°53'34.8138"	Longitud	82°53'34.8137" W
Altura (m)	1410.9328	Altura Geodésica (m)	1382.2881

Línea base (m)

STATION	12111.2845	RS Post Antena	02719147.43811222"	4.361966	76134.9405
ANTENA <td>74265.4478</td> <td>Elemento Cnt (m)</td> <td>83842.8132</td> <td>4.7181880</td> <td>7811.4122</td>	74265.4478	Elemento Cnt (m)	83842.8132	4.7181880	7811.4122
ELEMENTO <td>1781.8199</td> <td>Elemento Horno (m)</td> <td>2888.1407</td> <td>4.8192648</td> <td>16688.2385</td>	1781.8199	Elemento Horno (m)	2888.1407	4.8192648	16688.2385

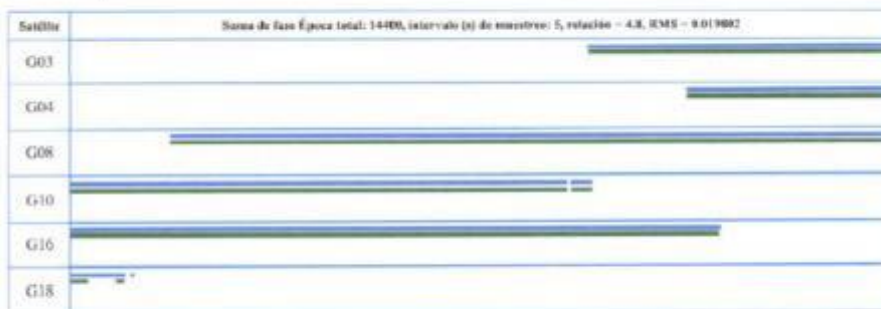
Estación estación

Antena (m)	0.0002	RS Post (m)	0.0000	Horno o Horno (m)	0.0000
Antena (m)	0.0001 <td>Antena (m)</td> <td>0.0001 <td>Horno o Horno (m)</td> <td>0.0000 </td></td>	Antena (m)	0.0001 <td>Horno o Horno (m)</td> <td>0.0000 </td>	Horno o Horno (m)	0.0000
Antena (m)	0.0001 <td>Antena (m)</td> <td>0.0001 <td>Horno o Horno (m)</td> <td>0.0000 </td></td>	Antena (m)	0.0001 <td>Horno o Horno (m)</td> <td>0.0000 </td>	Horno o Horno (m)	0.0000
Horno (m)	0.0000 <td>Horno (m)</td> <td>0.0001 <td>Horno o Horno (m)</td> <td>0.0000 </td></td>	Horno (m)	0.0001 <td>Horno o Horno (m)</td> <td>0.0000 </td>	Horno o Horno (m)	0.0000

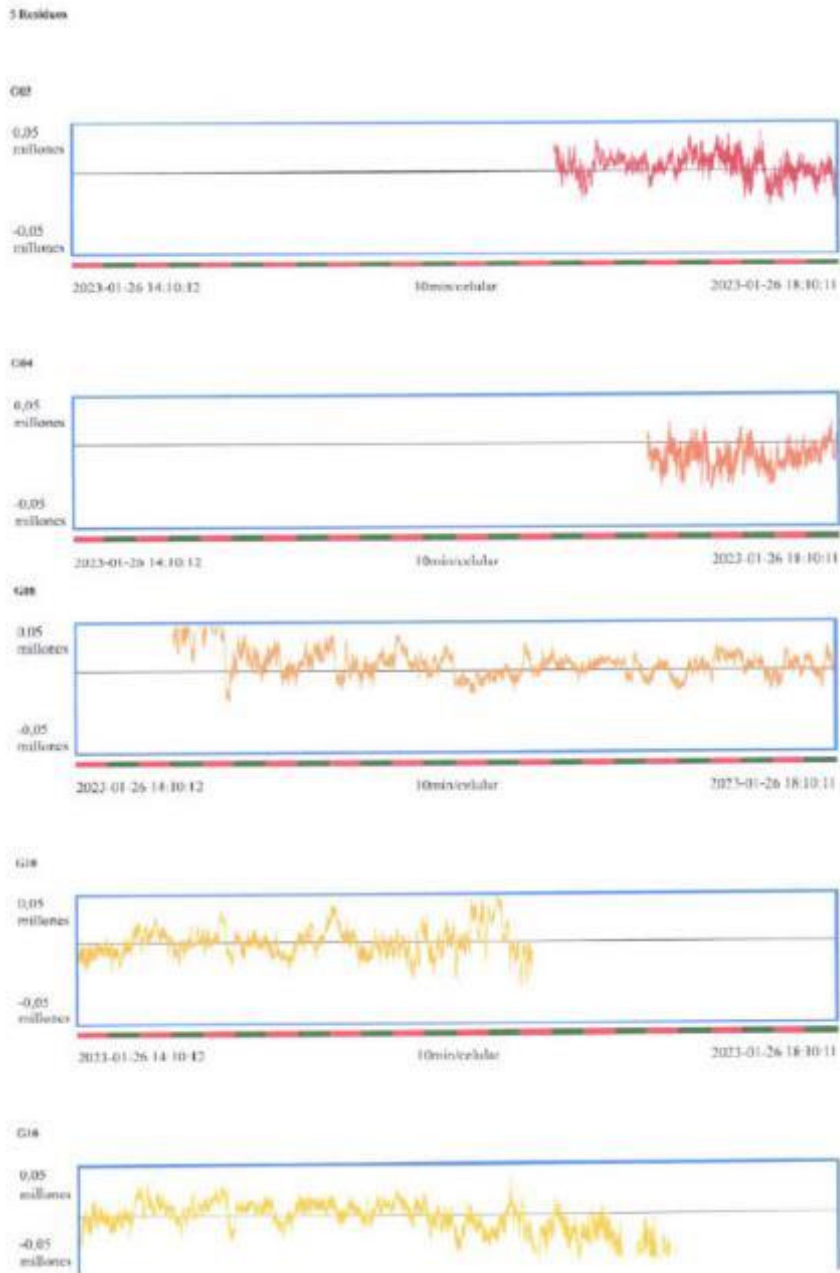
Matriz de covarianza y correlación (por %)

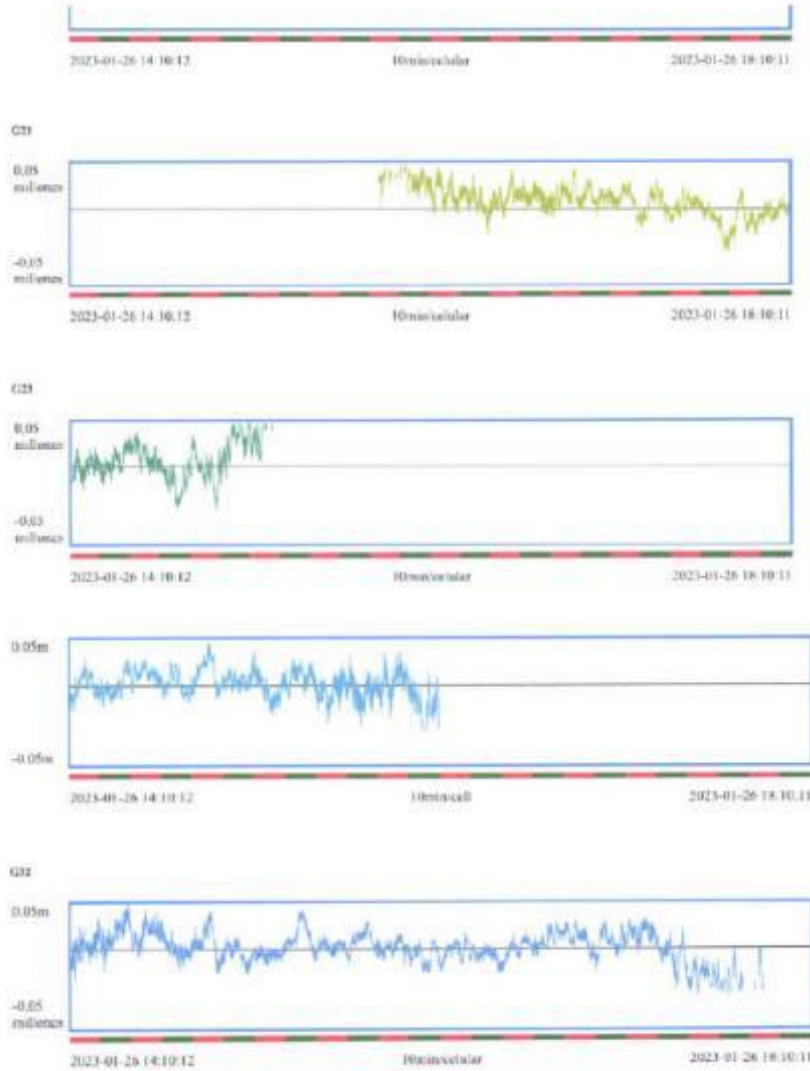
	X	Y	Z
X	0.9999		
Y	-0.0001	0.9999	
Z	-0.0000	0.0002	0.9999

4 Resumen de seguimiento













9. DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA DEL PUNTO GEODÉSICO.

		MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MADRIGAL	
		DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA	
NOMBRE ARE05331	CÓDIGO ARE05331	LOCALIDAD MADRIGAL	ESTABLECIDA POR: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MADRIGAL
UBICACIÓN: CAYLLOMA DISTRITO MADRIGAL		CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA: DISCO DE BRONCE DE 7.00 cm. DIAMETRO	
LATITUD (S) WGS-84 5 15°36'42.55744"	LONGITUD (W) WGS-84 O 71°47'39.13615"	NORTE (N) WGS-84 8272034.6427m.	ESTE (E) WGS-84 200371.0526m.
ALTURA ELIPSOIDAL 3463.2368		ELEVACIÓN (EGM-08) 3420.9223	ZONA UTM 19 SUR
ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO "C"			
CROQUIS TOPOGRÁFICO		IMAGEN DE RASTREO DE ANTENA	
			
		IMAGEN DEL DISCO	
			
DESCRIPCIÓN			
<p>El hito denominado ARE05331, se encuentra ubicado sobre un cerro que se encuentra entre la carretera Madrigal – Lari a 2.62 km en la margen derecha a 1.60m de dicha vía teniendo como punto de inicio el distrito de Madrigal y final el distrito de Lari, el punto se encuentra cerca de la quebrada Collpa.</p>			
DESCRITA POR: ING. MATAQUE PUMA JAVIER	REVISADO POR: ING. JUAN MANUEL COAGUILA	JEFE PROYECTO: ING. JUAN MANUEL COAGUILA	FECHA: FEBRERO - 2023

10. GALERÍA DE FOTOS

a. PROCESO DE MONUMENTACIÓN O INCRUSTACIÓN (DE SER EL CASO)



b. PROFUNDIDAD DEL TERRENO (EN CASO DE PREPARAR UN PILAR DE CONCRETO)



c. ANCLAJE DEL DISCO DE BRONCE



d. INCRUSTACIÓN DEL DISCO DE BRONCE



e. MONUMENTO TERMINADO



f. IMAGEN DEL DISCO DE BRONCE INSTALADO EN MONUMENTO TERMINADO



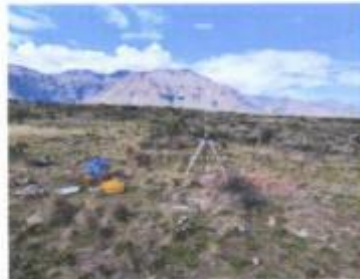
g. IMÁGENES DEL RASTREO



h. MEDICIÓN DE ALTURA DE ANTENA, CARACTERIZANDO LA MARCA EN LA ANTENA O EL ACCESORIO EMPLEADO



i. FOTOGRAFÍA PANORÁMICAS DEL LUGAR QUE PERMITAN VISUALIZAR QUE EL PUNTO ESTE LIBRE DE OBSTRUCCIONES (DESDE DISTINTOS ÁNGULOS)



11. FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE UTILIZADA.

		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:	30 de noviembre de 2020				
Versión:	3.1.0				
1. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS:					
Nombre:	Aplao				
Código Nacional:	AQU3				
Código Internacional:	42233M001				
Inscripción:	Placa de bronce				
Orden de la estación:	"0"				
Fecha de monumentación:	20 de octubre de 2010				
2. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:					
Departamento:	Arequipa				
Provincia:	Castilla				
Distrito:	Aplao				
Ubicación de la estación:	Municipalidad Provincial de Castilla				
CROQUIS DE UBICACIÓN					
114					



**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFIA
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)
16°04'34.40685"	72°29'32.16072"
Altura Elipsooidal (m)	Factor de escala combinado
662.0410	1.000489526374

3.2. CARTESIANAS

X (m)	Y (m)	Z (m)
1844393.6718	-5846917.5816	-1755017.9229

3.3. UTM

Este (m)	Norte (m)
768277.3698	8221006.5808
Zona: 18 Sur	

4. INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS

4.1. RECEPTOR:

Modelo: NET R8 TRIMBLE, Doble Frecuencia
N° de serie: 4912K34548
Versión del firmware: 4.41
Fecha de instalación: 22 de octubre de 2010
Ubicación del receptor: El receptor se encuentra dentro de una caja metálica de color blanco, hecho empotrada en la pared, ubicado en un alfiler del segundo piso que está ubicado debajo de las escaleras de la mencionada institución.

4.2. ANTENA:

Modelo: Zephyr Geodetic Model 2 (JL2) Trimble
N° de serie: 1440936196
Cubierta protectora: con destapa
Medición de la antena: ARP (Base de soporte de la antena)
Altura de la antena: 0.0750 m
Fecha de instalación: 22 de octubre de 2010
Ubicación de la antena: La antena está instalada sobre un mensuramiento de arriate de 1.70 m de alto x 35 cm x 40 cm de ancho de color blanco, ubicado en una esquina del techo del segundo piso de la mencionada institución.

2 / 4



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO

5. ESQUEMA DE LA ESTACIÓN

5.1. ESQUEMA DE ALTURA DE LA ANTENA

La altura de la antena es de 1.10 m. El punto de apoyo de la antena es de 0.10 m. El punto de apoyo de la antena es de 0.10 m.

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

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
1	ALTO DE LA ANTENA	m	1.10
2	ANCHO DE LA ANTENA	m	0.10
3	GRANDEZA DE LA ANTENA	m	0.10


INFORMACIÓN DEL MONUMENTO: [...]

3 / 4





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:	I1, I2, C1, P2
Intervalo de registro:	5 seg
Máscara de elevación:	5°
Archivo diario:	24 HRS
Formato de archivo nativo:	*T01
Datos para el procesamiento:	06 al 19 de septiembre de 2020
Tipo de órbita:	Efemerides precisas finales
Archivo procesado:	Rinex 2.11
Software de procesamiento:	Gamit / Globk V 10.71
Procesador y analista GNSS:	Lic. Franklin Maylle Gamarra
Revisado por:	CAP. EP. Rugger Montoya Montroy

7. CONTACTOS

Oficina:	Departamento de Procesamiento Geodesico
Dirección:	Av. Andres Amamborji 1184, Surqallo, Lima 34, Peru
Teléfono:	4759960 / 4753030 Anexo 120
Correo:	investigacion@ignc.gob.pe
Web site:	http://209.45.65.116/estacion_permanente/

4 / 4



Agente | Banco de la Nación

Agente | Banco de la Nación

DEPOSITO

DEPOSITO

LILIANA SOLEDAD MAMAC ZEGARRA (2519282)
AV. AREQUIPA 402 A
918293379

EMPORIO PLUMAY (3516189)
AV AREQUIPA 402 A
958487997

LOTE: 767 TERM: 0001 REF: 420374

LOTE: 845 TERM: 0001 REF: 413445

*****0000

*****0000

AP: 951180 RUC: 46652978
FECHA: 31/01/2023 HORA: 08:35

AP: 925700 RUC: 46652978
FECHA: 31/01/2023 HORA: 09:33

DEPOSITO EN CTA. CTE.

DEPOSITO EN CTA. CTE.

Transaccion: CCDC - 0870

Transaccion: CCDC - 0870

* A la Cuenta : 0000028289
* INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

* A la Cuenta : 0000028289
* INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

* Solicitante: DNI 46652978
* MATAQUE PUMA JAVIER

* Solicitante: DNI 46652978
* MATAQUE PUMA JAVIER

MONTO : S/ ****116.70

MONTO : S/ ****110.00

951180 31012023 9183 0976 08:36:25

925700 31012023 9283 0976 09:33:03



12. SOLICITUD DE CÓDIGO DE PUNTO GEODÉSICO



SOLICITUD DE CÓDIGOS PARA PUNTOS GEODÉSICOS

INFORMACION DEL SOLICITANTE : N° Solicitud : 000002978

PERSONA NATURAL/JURIDICA RESPONSABLE DE LOS TRABAJOS TRABAJOS DE POSICIONAMIENTO GNSS	MATAQUE PUMA JAVIER
TELEFONO / CELULAR	990616503
CORREO ELECTRONICO	geomatica@uancv.edu.pe
CANTIDAD DE PUNTOS GEODÉSICOS	
Datos del Punto Geodésico 1	
ORDEN DE PUNTO GEODÉSICO	"C"
DEPARTAMENTO	AREQUIPA
PROVINCIA	CAYLLOMA
CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO 1(*)	ARE05331
FECHA DE REGISTRO :	22/01/2023
Tener precaución de indicar correctamente la provincia y departamento en la cual se realizará el trabajo, en caso que el código no pertenezca a la provincia y/o departamento en que se realizaron los trabajos, no será certificado.	
AVISO El código asignado por el Sistema de Certificaciones, tendrá validez de no mayor a seis (06) meses para su certificación, ello contempla el proceso de levantamiento de observaciones (en caso lo hubiera). El no cumplimiento de lo dispuesto, llevará a la anulación y asignación de dichos códigos a otros proyectos.	



13. COMPROBANTE DE PAGO DEL FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACION GNSS PERMANENTE.

 INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL AV. ARAMBURU 1184 - SURQUILLO LIMA - LIMA TELEFONO : 226-7067 EMAIL : COMERCIALIZACION@IGN.GOB.PE Horario de Atención: Lunes a Viernes 09:00 am - 04:00 pm		RECIBO DE INGRESO		
		RUC :20301053623 R001-009535		
Datos de Cliente		Datos del Recibo		
Cliente : PUMA MATAOQUE JAVIER Direccion : Alto Selva Alegre Villa Union Mz A' LT 2 comite 5 DNI : 46662978		Fecha de Emision : 02 Febrero 2023 N° Interno : 000000676 Forma de Pago : DEPOSITO Tipo de Moneda : SOLES		
ITEM	CODIGO	CANTIDAD	PRECIO U	SUBTOTAL
01	S-02-05-00033	1.00	116.70	116.70
DESCRIPCION MORFOGRAFICA DEL PUNTO GPS ESP. (P.A.) (FICHA TECNICA DE ESP. GNSS) - 4046. ARROYO CASTILLA - 4046				
CIENTO DIECISEIS CON 70/100 SOLES			IMPORTE TOTAL S/	116.70
Vendedor : jBROCCAS		Cobrado Por : jBROCCAB		
Hora Impresion : 02:50:00p.m.				

Esta es una representacion impresa
 N° NOTA VENTA : 000000802
 JAVIERMATAOQUE@GMAIL.COM



14. COMPROBANTE DE PAGO DE DATA DE LA ESTACION GNSS PERMANENTE.



INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
AV. ARAMBURU 1184 - SURQUILLO
LIMA - LIMA
TELEFONO : 226-7067
EMAIL : COMERCIALIZACION@IGN.GOB.PE
Horario de Atención: Lunes a Viernes 09:00 am - 04:00 pm

RECIBO DE INGRESO
RUC : 20301053623
R001-009463

Datos de Cliente		Datos del Recibo			
Cliente :	PUMA MATAOQUE JAVIER	Fecha de Emisión :	31 Enero	2023	
Dirección :	Atto Selva Alegre Villa Unión Mz A' LT 2 comba 6	N° Interno :	0000000500		
DNI :	46652975	Forma de Pago :	DEPOSITO		
		Tipo de Moneda :	SOLES		
ITEM	CODIGO		CANTIDAD	PRECIO U	SUBTOTAL
01	S-02-04-00011	SERVICIO DE DATA DE LA RED GEOGRAFICA NACIONAL (DATA GNSS) <small>REP. APLAO GEOGRAFICO CASTELA - 425.00 D0001</small>	1.00	119.40	119.40
CIENTO DIECINUEVE CON 40/100 SOLES				IMPORTE TOTAL	S/ 119.40

Vendedor : rBROCCAS
Cobrado Por : jBROCCAB
Hora Impresion : 11:51:51a.m.

Esta es una representación impresa
N° NOTA VENTA : 0000000716
ERP AQ03 - APLAO
FECHA: 26/01/2023
JAVIERMATAOQUE@GMAIL.COM

15. COMPROBANTE DE PAGO DEL SERVICIO DE CERTIFICACION DE LOS PUNTOS GEODÉSICOS A CERTIFICAR.

Ejemplo

Instituto Geográfico Nacional
AV. ARAUCARIO 1168 - SURCUIB. DE LA S.A. - APARTADO 2036
TEL/FAX: 475-8600 - 475-3000 ANEXOS: 119 - 122
SERVICIO Y ASesoramiento CARTOGRAFICO
Email: comercializacion@ign.gob.pe ELECTRO:
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - OFICINA 4274
Calle: J. JOSE P. RIVERA 1500 LIMA

R.U.C. N° 20301053623
FACTURA
N° 001 - 0148500
N° de Orden: 2200 Puntos: (00000216)

Fecha: 30/09/2014 en: Agosto de 2014
Código de Cuenta: 3015338844

ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNIT	IMPORTE TOTAL
1	0-01-00-0001	CERTIFICACION POR PUNTO GEODÉSICO DE ORDEN 1º	1	345.81	345.81
CUATRO CENTOS CINCUENTA Y CINCO			Docientos \$	S/05	
FISCAL			CANCELADO		IMPORTE TOTAL \$ 345.81
INSTRUMENTOS OPT. PARA CARTOGRAFIA			LIMA		IMPORTE TOTAL \$ 62.21
SERVICIO DE ASesoramiento			INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL		TOTAL \$ 407.82

El presente es un ejemplo de factura de pago emitida por el IGN. No tiene validez legal. El precio unitario y el importe total son ficticios. El presente es un ejemplo de factura de pago emitida por el IGN. No tiene validez legal. El precio unitario y el importe total son ficticios. El presente es un ejemplo de factura de pago emitida por el IGN. No tiene validez legal. El precio unitario y el importe total son ficticios.

Nota: Presentar la **factura/boleta completa**, emitida por el IGN.

Señalar el concepto de pago correspondiente al punto a certificar.

16. DECLARACIÓN JURADA DE TOMAR CONOCIMIENTO DE LAS CONSIDERACIONES TÉCNICO ADMINISTRATIVAS ACTUALIZADO MAYO 2021

DECLARACIÓN JURADA DE TOMA DE CONOCIMIENTO

Yo, Motugue Puma Javier, identificado(a) con DNI N° 46652478 y con domicilio en Villa Unión 17a N° 412 esquina de del distrito Alto Selva Alegre provincia Arequipa departamento Arequipa declaro bajo juramento lo siguiente:

Que, he tomado conocimiento de toda la información consignada en las Consideraciones Técnico Administrativa para la certificación de puntos geodésicos de orden "A", "B" y "C" Actualizado Mayo 2021, por lo que asumo la responsabilidad del resultado del proceso de verificación del expediente para certificación presentado.

Arequipa, 03 de Febrero del 2023



Huella digital
índice
derecho


Firma

Nombres y Apellidos : Javier Motugue Puma
DNI : 46652478

17. DECLARACIÓN JURADA DE NO PRESENTAR DOCUMENTACIÓN FALSA Y/O ADULTERADA

DECLARACIÓN JURADA DE NO PRESENTAR DOCUMENTACIÓN FALSA Y/O ADULTERADA

Yo, Malayana Poma Javier, identificado(a) con DNI N° 46652478 y con domicilio en Villa Unión Pta. A. Ute unika del distrito Alto de los Andes provincia Arequipa departamento Arequipa declaro bajo juramento lo siguiente:

Que, declaro bajo juramento que toda la información presentada en el expediente para certificación es real y fidedigna, asumiendo la responsabilidad administrativa, disciplinaria y civil penal que puede derivar de la presente declaración en caso de encontrarse documentación falsa y/o adulterada, dispuesto en el Artículo 427° del Código Penal (Falsificación de documentos), siendo que dicho delito puede ser sancionado con pena privativa de libertad no menor de dos ni mayor de diez años y con treinta a noventa días-multa si se trata de un documento público.

Arequipa, 02 de Febrero del 2023



Huella digital
Índice
derecho

Firma

Nombres y Apellidos : Javier Malayana Poma

DNI : 46652478



ANEXO 3
REPORTE LINEA BASE PUNTO GEODESICO



Informe resumido de referencia

Información básica

Nombre	Valor
Nombre de usuario	ESCRITORIO-FCRAB0A
Datos de referencia del proyecto	UTM WGS 84 UTM zona 19S
Nombre del proyecto	pro-2023-02-05-00-36-39
Unidades de distancia	Metro
Unidades de altura	Metro

Lista de línea base

Información de línea base

Nombre	Valor
Número de líneas de base	1
La línea base más larga(m)	B01 (AQ03026AA.hcs->ARE03310260.hcs): 90802.4192
La línea base más corta(m)	B01 (AQ03026AA.hcs->ARE03310260.hcs): 90802.4192
Peor línea de base(m)	B01 (AQ03026AA.hcs->ARE03310260.hcs)
Error relativo de la peor línea de base	1 / 146685935

Lista de resumen de línea base

ID de línea base(línea->Pto de inicio)	Punto final	Tipo de línea	Tasa de elevación	Tasa de distorsión (%)	IB: VD OP: NS: Fwd Az: ead:	IB: VD OP: NS: Fwd Az: ead:	Elipsoide Dist.(m)	Altimétrico Dist.(m)	Altimétrico Dist.(m)	Vertical Dist.(m)
B01 (AQ03026AA.hcs->ARE03310260.hcs)	AQ03026AA	ARE03310260	1.2 Pto	100	1.24 2.1 2.5 30573547.22 4 95 23 69128357	73572471.30 86853457	90802.4192	2803.1907	90823.9978	90805.3159 1783.6096

Informe de referencia B01

1 Resumen de línea de base

Nombre	Valor
ID de línea base(línea->Pto)	B01 (AQ03026AA.hcs->ARE03310260.hcs)
Tipo de solución	Lo Fw
Elementos usados	Previo
Elipsoide Dist.(m)	90802.4192
Máxima de elevación	10
RMS(m)	0.0198
HDOE	1.24
VDOP	2.10
PDOP	2.22
Número total de satélites	9
Hora de inicio (GPST)	2023-01-26 18:30:12 (semana: 2246, segundo: 19612)
Tiempo de parada (GPST)	2023-01-26 18:30:11 (semana: 2246, segundo: 41:011)
Tiempo de observación	03:59:50

2 Datos de ocupaciones

Lista	Punto de inicio	Punto final
Archivo de datos	E:\TRABAJOS 2021\ING COAGUILA\CARRETERA LARI - MADRIGAL\ARCHIVOS IGN\AQ05_26-01-2021\AQ03D06A_25a	E:\TRABAJOS 2021\ING COAGUILA\CARRETERA LARI - MADRIGAL\DATOS GPS DIFERENCIAL\AQ03D06A\ARE05316060_HCN
Tipo de receptor	TRIMBLE NETR8	CHC 88
Receptor serial	4912K34548	3351837
Tipo Antena	TRM55971-30 TZGD	CHC10
Tipo de medida	Medic hasta el fondo	Medic hasta el fondo
Antena Altura (m)	0.0716	1.6920

3 Componentes de referencia

Punto de inicio AQ03

Coordenada (Lena B)	Coordenadas geodésicas (locales)	Coordenadas geodésicas (WGS84)	Espacio Coor. (WGS84)
Norte(m)	8219476.5581	Latitud	18°04'34.40883"S
Este(m)	125901.4950	Longitud	072°29'32.66073°O
Altura (m)	625.3124	Altura elipsoide (m)	662.0418
			Altura elipsoide (m)
			662.0420
			X (m)
			1844383.6718
			Y (m)
			-5846017.5815
			Z (m)
			-1755017.9229

Punto final ARE0531

Coordenada (Lena B)	Coordenadas geodésicas (locales)	Coordenadas geodésicas (WGS84)	Espacio Coor. (WGS84)
Norte(m)	8272034.6427	Latitud	15°36'42.55344"S
Este(m)	200171.0526	Longitud	071°47'39.13103°O
Altura (m)	3420.9225	Altura elipsoide (m)	3463.2368
			Altura elipsoide (m)
			3463.2368
			X (m)
			1820717.7121
			Y (m)
			-8839485.1691
			Z (m)
			-1766329.6868

Llave base 001

ΔNorth(m)	5258.0845	NS Pseud Altura	05°35'47.420911283"	Δ X(m)	76734.6931
ΔEast(m)	74969.4476	Ejección Dist(m)	06802.4192	Δ Y(m)	3011.4125
ΔHeight(m)	2795.6099	Alt Elipsoide Altura (m)	2801.1957	Δ Z(m)	4888.2361

Errores estándar

Std.ΔNorth(m)	0.0002	NS Pseud Altura(m)	0.0000	Norma Δ X(m)	0.0003
Std.ΔEast(m)	0.0003	Std. Elipsoide Distancia (m)	0.0000	Norma Δ Y(m)	0.0005
Std.ΔHeight(m)	0.0003	Std. Alt Elipsoide Altura (m)	0.0005	Norma Δ Z(m)	0.0002
Precisión horizontal (m)	0.0046	Precisión vertical (m)	0.0045		

Matriz de covarianza a posteriori (cm²)

	X	Y	Z
X	0.0003		
Y	-4.0002	0.0023	
Z	-4.0003	0.0005	0.0006

4 Resumen de segmentos

Satélite	Suma de fase $\hat{\phi}$ (para total) 14400, intervalo (s) de muestreo: 5, relación = Lx, RMS = 0.018802
G03	
G04	
G08	
G10	
G16	
G18	

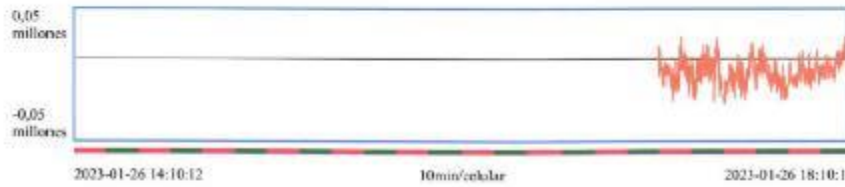


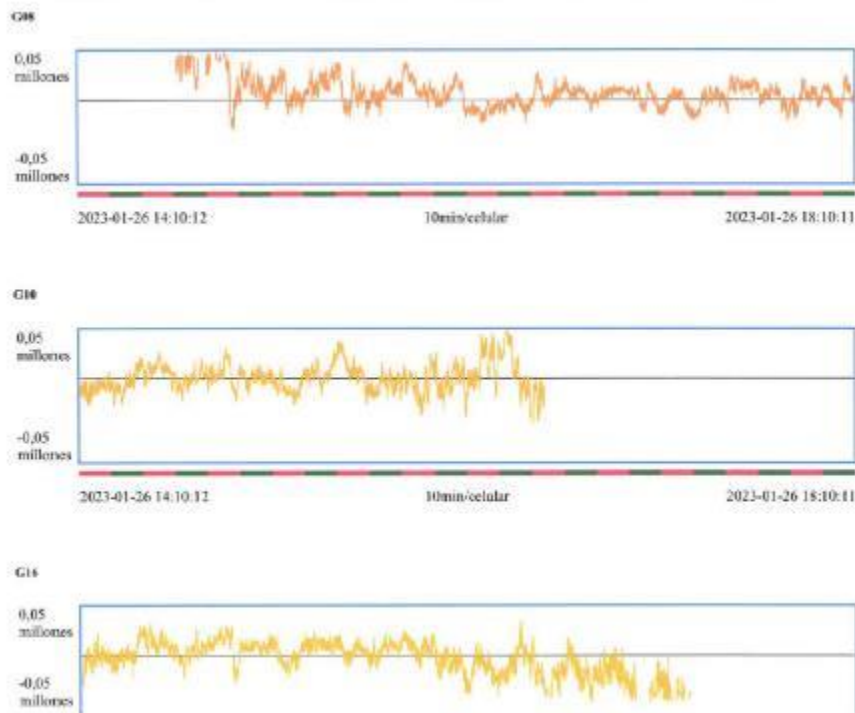
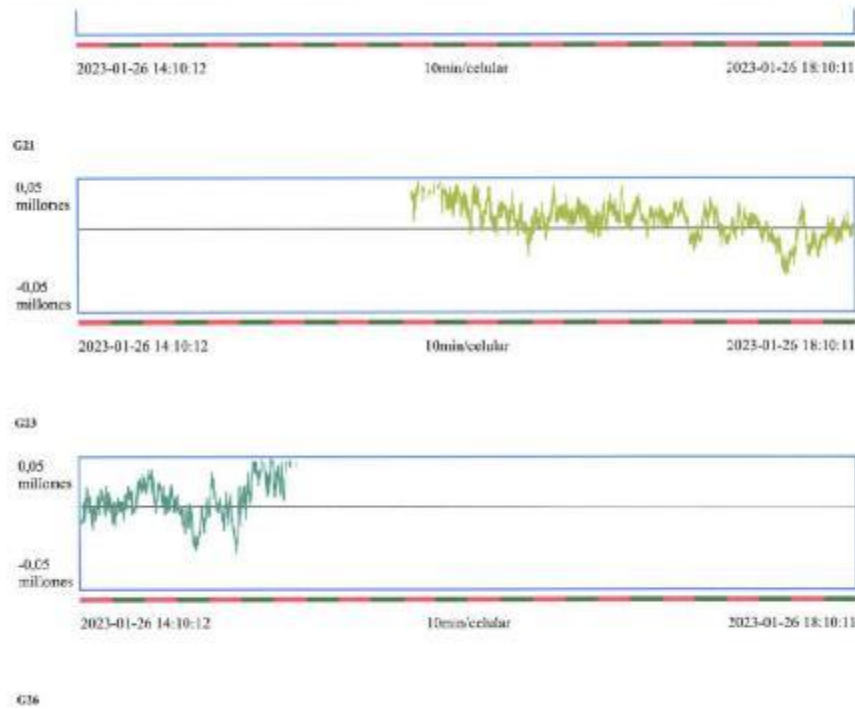
S Residuos

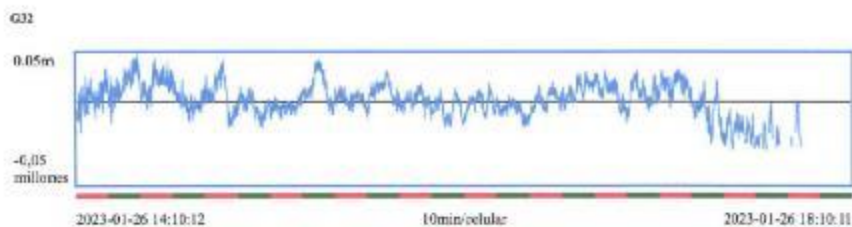
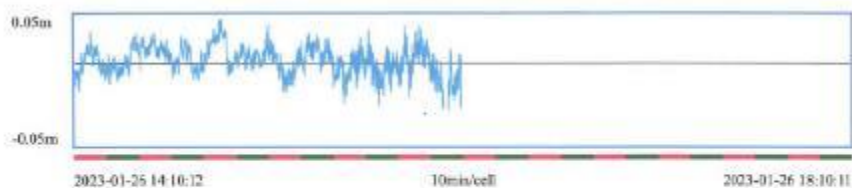
G03



G04







6 Estilo de procesamiento

6.1 Estilos

Tiempo mínimo Obs.	1 hora
Uso de observados de difusión	200.000000ms
Uso de observados procesados	2000.000000ms

6.2 Configuración básica

Máscara de elevación	30.00°
Elevación mínima	Proceso

Intervalo de muestreo	Si
Tipo de solución	LC FB

6.3 Temporales

Modo	
Intervalo mínimo de estado estacionario	2 hora
Utilice los observados. Datos	Permitido

6.4 Ionosfera

Modelo	Klobuchar
Fase de resolución de ambigüedad	Permitido

6.5 Ambigüedad

Modo de búsqueda	Búsqueda estandar
------------------	-------------------

6.6 Calidad

Tolerancia RMS	0.00 millones
Tolerancia RATIO	1.00
Tolerancia a errores brutos	3.5



ANEXO 4
INFORME DE PROCESAMIENTO DEL VUELO DE DRONE



Agisoft Metashape

Informe de procesamiento
29 December 2024



Datos del levantamiento

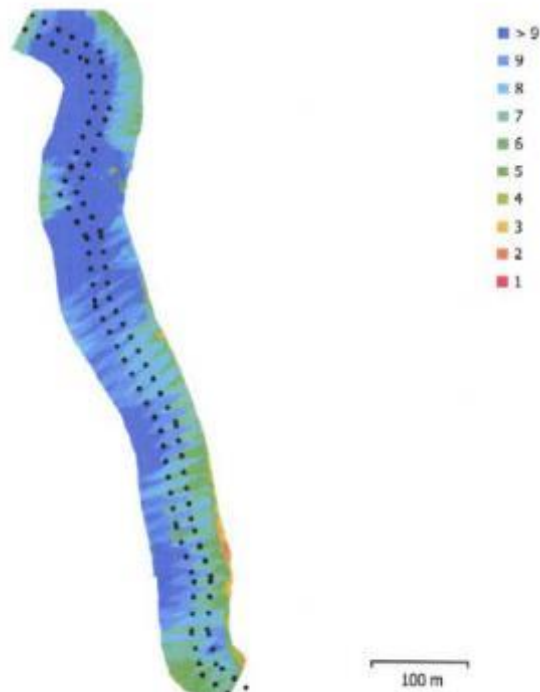


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 108	Panorámicas multicámara: 108
Altitud media de vuelo: 72.4 m	Puntos de paso: 24,491
Resolución en terreno: 2.13 cm/pix	Proyecciones: 99,842
Área cubierta: 0.0607 km ²	Error de reproyección: 0.618 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310S (8.8mm)	5472 x 3078	8.8 mm	2.53 x 2.53 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

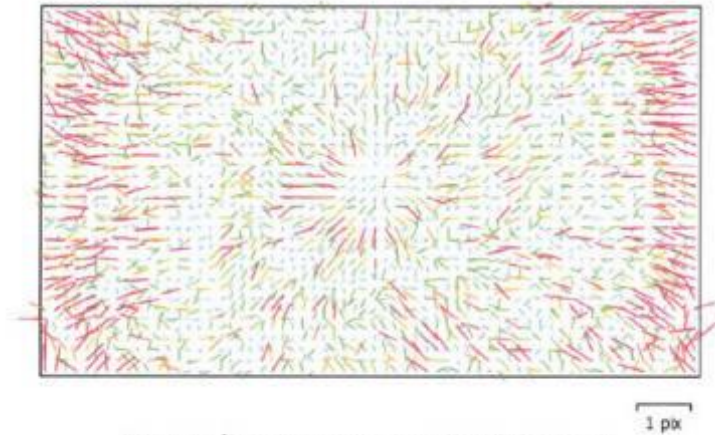


Fig. 2. Gráfico de residuos para FC6310S (8.8mm).

FC6310S (8.8mm)

108 imágenes

Tipo **Cuadro** Resolución **5472 x 3078** Distancia focal **8.8 mm** Tamaño de píxel **2.53 x 2.53 micras**

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3080.42	6.1	1.00	0.67	0.35	-0.27	-0.13	0.50	-0.19	-0.64
Cx	-15.0296	0.12		1.00	0.20	-0.14	-0.16	0.39	0.35	-0.46
Cy	-21.3075	0.064			1.00	-0.10	-0.07	0.20	-0.16	0.14
K1	-0.00564249	7.3e-005				1.00	-0.84	0.58	0.08	0.17
K2	-0.00259076	0.00016					1.00	-0.91	0.01	0.09
K3	0.00490771	0.00012						1.00	-0.08	-0.32
P1	-0.000706735	6.6e-006							1.00	0.07
P2	-0.00201385	5.9e-006								1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Puntos de control terrestre



Fig. 3. 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 (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
5	0.583424	0.461308	2.61417	0.743767	2.71792

Tabla 3. ECM de puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.



Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
95	0.874211	0.619696	0.632568	1.24435	0.180 (8)
96	-0.481654	0.480645	-0.533516	0.864667	0.333 (7)
98	-0.143231	0.139848	-0.394172	0.44209	0.400 (9)
99	0.513199	0.380092	-3.99335	4.04409	0.278 (10)
100	0.649458	0.533811	4.16922	4.25313	0.205 (11)
Total	0.583424	0.461308	2.61417	2.71792	0.287

Tabla 4. Puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

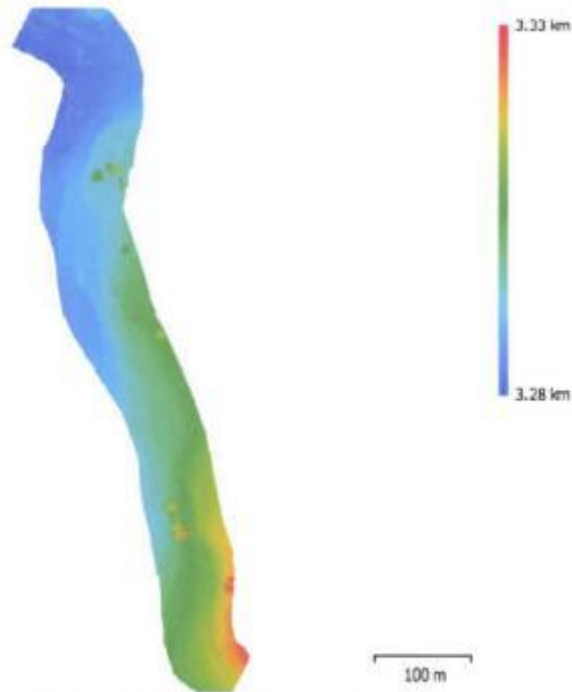


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 8.54 cm/pix
Densidad de puntos: 137 puntos/m²

Parámetros de procesamiento

Generales	
Cámaras	108
Cámaras orientadas	108
Marcadores	5
Formas	
Polígonos	2
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)
Ángulo de rotación	Guñada, cabeceo, alabeo
Nube de puntos	
Puntos	24,491 de 26,235
RMS error de reproyección	0.269809 (0.618282 pix)
Error de reproyección máximo	1.00641 (6.40347 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	2.42142 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	4.32754
Parámetros de orientación	
Precisión	Alta
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Sí
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de paso por foto	1,000
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamiento	3 minutos 43 segundos
Tiempo de orientación	52 segundos
Parámetros de optimización	
Parámetros	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo de optimización	5 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Nube de puntos densa	
Puntos	10,644,459
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	8 minutos 57 segundos
Parámetros de generación de la nube densa	
Tiempo de procesamiento	6 minutos 16 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Modelo	
Caras	1,837,839
Vértices	922,825
Colores de vértices	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	8 minutos 57 segundos
Parámetros de reconstrucción	
Tipo de superficie	Bajorelieve / terreno



Generales

Datos fuente
Interpolación
Máscaras volumétricas estrictas
Tiempo de procesamiento
Versión del programa

Nube de puntos densa
Habilitada
No
1 minuto 37 segundos
1.5.2.7838

Ortomosaico

Tamaño
Sistema de coordenadas
Colores

11,180 x 34,510
WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)
3 bandas, uint8

Parámetros de reconstrucción

Modo de mezcla
Superficie
Permitir el cierre de agujeros
Tiempo de procesamiento
Versión del programa

Mosaico
Mala
Si
3 minutos 8 segundos
1.5.2.7838

Software

Versión
Plataforma

1.5.2 build 7838
Windows 64



Agisoft Metashape

Informe de procesamiento
29 December 2024



Datos del levantamiento

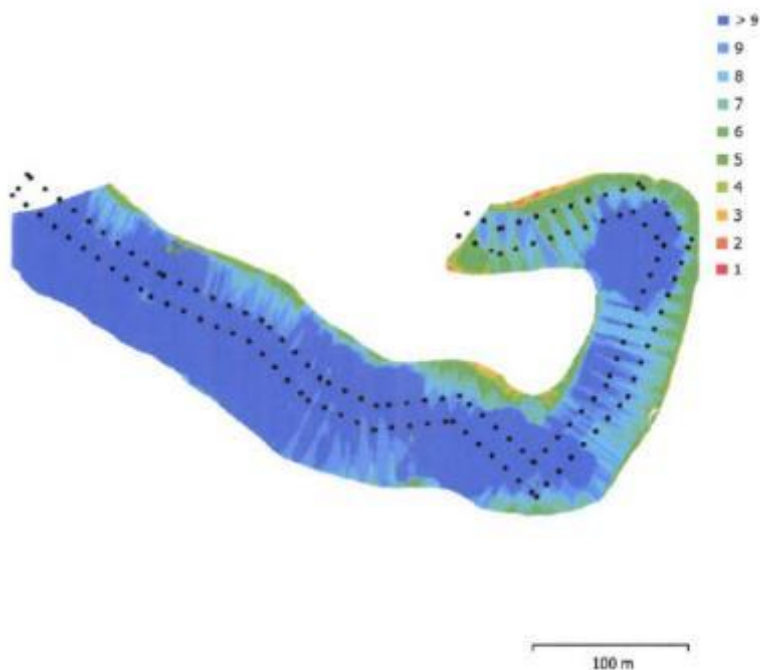


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 142	Panorámicas multicámara: 2
Altitud media de vuelo: 63.7 m	Puntos de paso: 27,305
Resolución en terreno: 1.6 cm/pix	Proyecciones: 132,889
Área cubierta: 0.0477 km ²	Error de reproyección: 0.511 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310S (8.8mm)	5472 x 3078	8.8 mm	2.53 x 2.53 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

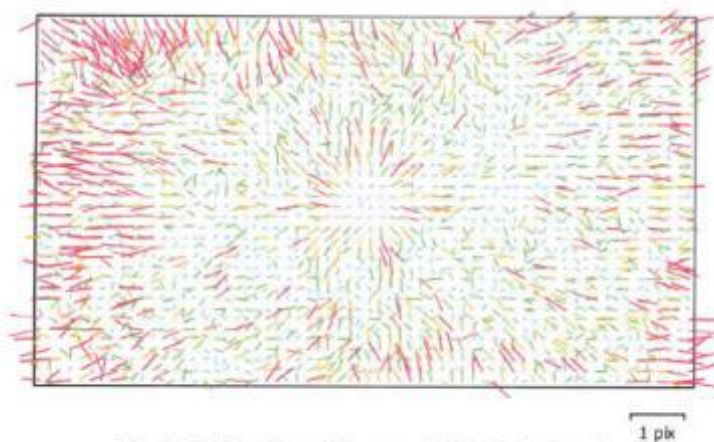


Fig. 2. Gráfico de residuos para FC6310S (8.8mm).

FC6310S (8.8mm)

132 imágenes

Tipo
Cuadro

Resolución
5472 x 3078

Distancia focal
8.8 mm

Tamaño de píxel
2.53 x 2.53 micras

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	2268.16	7.9	1.00	0.79	0.62	-0.36	-0.08	0.54	-0.27	-0.76
Cx	-24.4635	0.11		1.00	0.48	-0.30	-0.08	0.45	0.07	-0.61
Cy	-25.9366	0.066			1.00	-0.21	-0.05	0.34	-0.17	-0.29
K1	-0.00471304	5.8e-005				1.00	-0.81	0.46	0.07	0.27
K2	-0.000351752	6.3e-005					1.00	-0.86	0.05	0.06
K3	0.000688543	2.7e-005						1.00	-0.17	-0.42
P1	-0.000429031	6.8e-006							1.00	0.19
P2	-0.00141648	6.9e-006								1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Puntos de control terrestre



Fig. 3. 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 (mm)	Error en Y (mm)	Error en Z (mm)	Error en XY (mm)	Total (mm)
6	3.65594	4.03871	5.29806	5.44767	7.59911

Tabla 3. ECM de puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.



Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
23	-2.25305	-1.42635	9.75659	10.1144	0.270 (6)
24	2.35696	1.52286	-10.1816	10.5613	0.584 (6)
25	0.617884	-0.620503	0.202726	0.898834	0.271 (7)
28	-1.08906	0.136836	0.183444	1.11285	0.268 (8)
29	1.24913	-0.251721	-7.28882	7.39936	0.222 (11)
30	-0.926159	0.368517	6.83619	6.90847	0.356 (14)
Total	1.56085	0.90889	7.05681	7.28429	0.337

Tabla 4. Puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

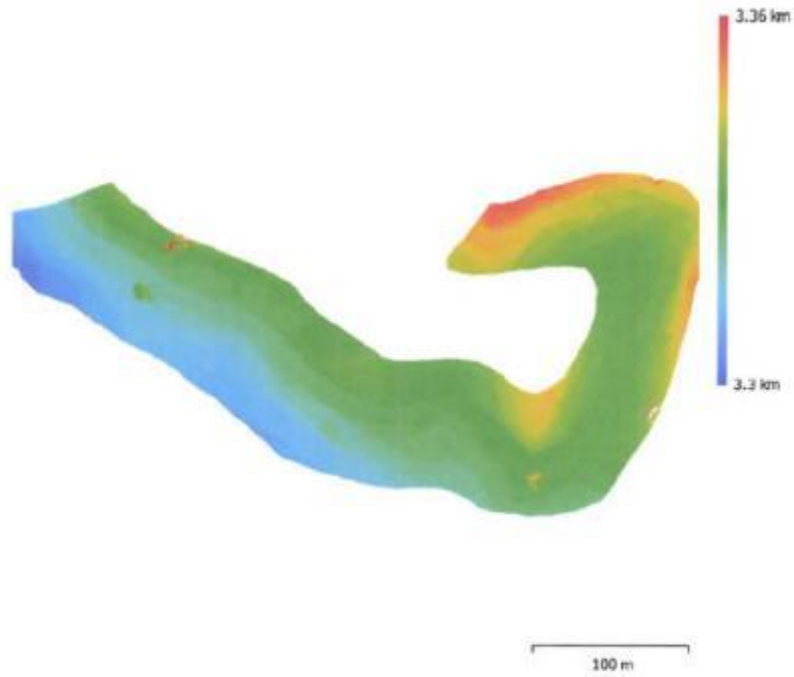


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 6.4 cm/pix
Densidad de puntos: 244 puntos/m²

Parámetros de procesamiento

Generales	
Cámaras	132
Cámaras orientadas	132
Marcadores	6
Formas	
Polígonos	2
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)
Ángulo de rotación	Gañada, cabeceo, alabeo
Nube de puntos	
Puntos	26,093 de 27,467
RMS error de reproyección	0.277747 (0.626927 pix)
Error de reproyección máximo	1.44178 (6.68897 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	2.3109 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	4.97979
Parámetros de orientación	
Precisión	Alta
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Sí
Puntos claves por foto	40.000
Puntos de paso por foto	1,000
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	7 minutos 3 segundos
Tiempo de orientación	50 segundos
Parámetros de optimización	
Parámetros	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo de optimización	10 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Nube de puntos densa	
Puntos	9,804,264
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	10 minutos 49 segundos
Parámetros de generación de la nube densa	
Tiempo de procesamiento	7 minutos 30 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Modelo	
Caras	2,350,784
Vértices	1,179,942
Colores de vértices	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	10 minutos 49 segundos
Parámetros de reconstrucción	
Tipo de superficie	Bajorelieve / terreno



Generales

Datos fuente
Interpolación
Máscaras volumétricas estrictas
Tiempo de procesamiento
Versión del programa

Nube de puntos densa
Habilitada
No
2 minutos 9 segundos
1.5.2.7838

Ortomosaico

Tamaño
Sistema de coordenadas
Colores

22,682 x 11,062
WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)
3 bandas, uint8

Parámetros de reconstrucción

Modo de mezcla
Superficie
Permitir el cierre de agujeros
Tiempo de procesamiento
Versión del programa

Mosaico
Malla
Sí
3 minutos 23 segundos
1.5.2.7838

Software

Versión
Plataforma

1.5.2 build 7838
Windows 64



Agisoft Metashape

Informe de procesamiento
29 December 2024



Datos del levantamiento

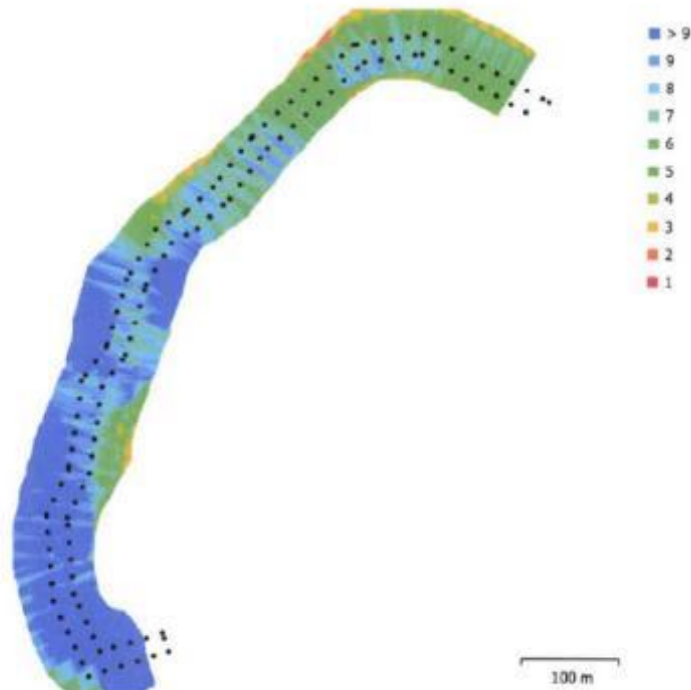


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 132	Panorámicas multicámara: 22
Altitud media de vuelo: 58.3 m	Puntos de paso: 26,093
Resolución en terreno: 2.14 cm/pix	Proyecciones: 126,279
Área cubierta: 0.0789 km ²	Error de reproyección: 0.627 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310S (8.8mm)	5472 x 3078	8.8 mm	2.53 x 2.53 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

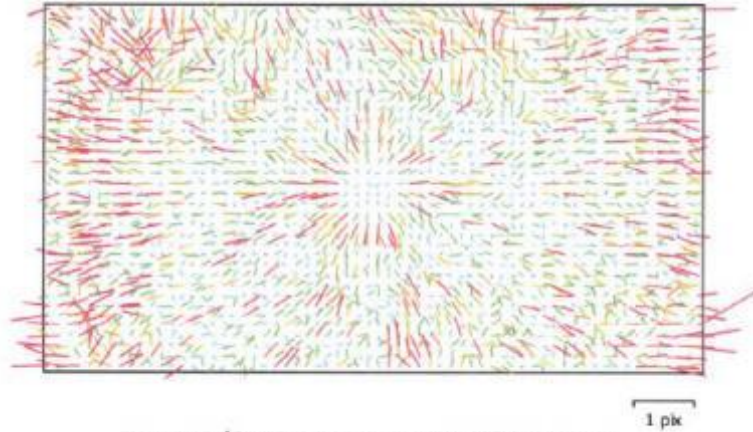


Fig. 2. Gráfico de residuos para FC6310S (8.8mm).

FC6310S (8.8mm)

142 imágenes

Tipo **Cuadro** Resolución **5472 x 3078** Distancia focal **8.8 mm** Tamaño de píxel **2.53 x 2.53 micras**

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3722.88	2	1.00	0.46	-0.14	-0.10	-0.10	0.29	-0.10	-0.38
Cx	-4.30283	0.068		1.00	-0.11	-0.04	-0.11	0.20	0.62	-0.24
Cy	-15.636	0.045			1.00	0.04	-0.02	-0.01	-0.07	0.65
K1	-0.00715988	6.4e-005				1.00	-0.67	0.76	0.04	0.05
K2	-0.00726889	0.00021					1.00	-0.96	0.01	0.02
K3	0.0179915	0.00021						1.00	-0.03	-0.10
P1	-0.000786604	4.9e-006							1.00	-0.04
P2	-0.00234326	3.7e-006								1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Puntos de control terrestre



Fig. 3. 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 (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
6	1.56085	0.90889	7.05681	1.80619	7.28429

Tabla 3. ECM de puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.



Nombre	Error en X (mm)	Error en Y (mm)	Error en Z (mm)	Total (mm)	Imagen (pix)
91	3.28784	4.82161	-6.72388	8.90327	0.365 (7)
92	1.10913	-4.68491	7.4599	8.87856	0.525 (7)
93	-3.34138	2.29988	-0.0942404	4.05748	0.205 (9)
94	-0.0262301	-2.92554	0.0846635	2.92689	0.194 (10)
95	-5.81772	4.60761	-5.9722	9.52591	0.193 (13)
96	4.81084	-4.19436	5.64557	8.52111	0.261 (13)
Total	3.65594	4.03871	5.29806	7.59911	0.291

Tabla 4. Puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

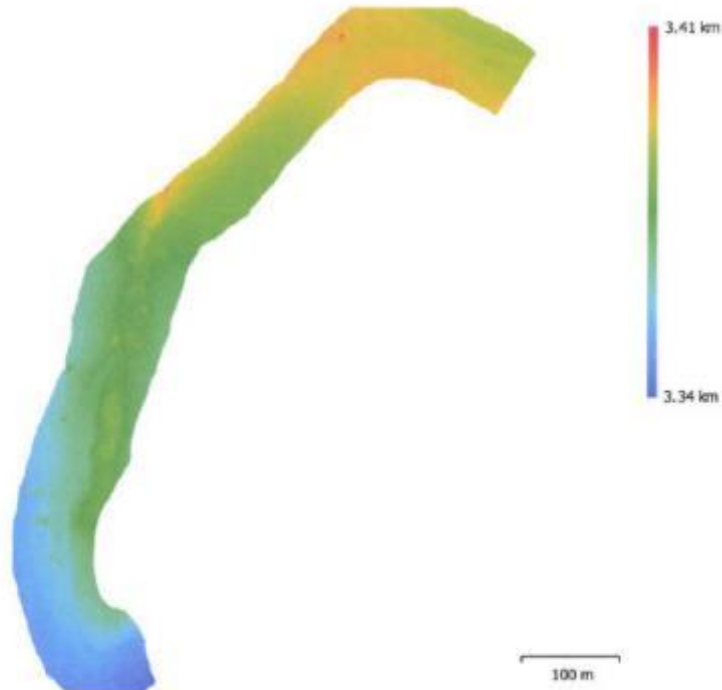


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 8.57 cm/pix
Densidad de puntos: 136 puntos/m²

Parámetros de procesamiento

Generales	
Cámaras	142
Cámaras orientadas	142
Marcadores	6
Formas	
Polígonos	2
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)
Ángulo de rotación	Guñada, cabeceo, alabeo
Nube de puntos	
Puntos	27,305 de 29,684
RMS error de reproyección	0.216573 (0.5112 px)
Error de reproyección máximo	0.940723 (13.8814 px)
Tamaño promedio de puntos característicos	2.36568 px
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	5.09591
Parámetros de orientación	
Precisión	Alta
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Sí
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de paso por foto	1,000
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	4 minutos 13 segundos
Tiempo de orientación	56 segundos
Parámetros de optimización	
Parámetros	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo de optimización	3 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Nube de puntos densa	
Puntos	15,174,413
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	15 minutos 1 segundo
Parámetros de generación de la nube densa	
Tiempo de procesamiento	5 minutos 45 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Modelo	
Caras	2,747,731
Vértices	1,379,211
Colores de vértices	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	15 minutos 1 segundo
Parámetros de reconstrucción	
Tipo de superficie	Bajorelieve / terreno



Generales

Datos fuente
Interpolación
Máscaras volumétricas estrictas
Tiempo de procesamiento
Versión del programa

Nube de puntos densa
Habilitada
No
1 minuto 30 segundos
1.5.2.7838

Ortomosaico

Tamaño
Sistema de coordenadas
Colores
Parámetros de reconstrucción
Modo de mezcla
Superficie
Permitir el cierre de agujeros
Tiempo de procesamiento
Versión del programa

24,983 x 34,024
WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32710)
3 bandas, uint8

Software

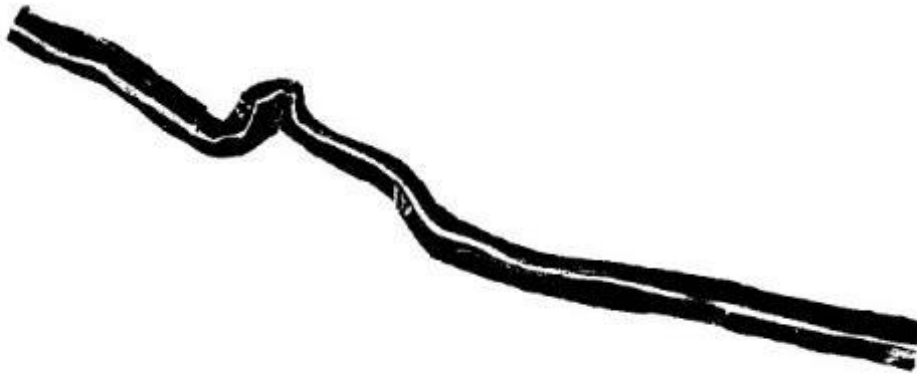
Versión
Plataforma

Mosaico
Mala
Sí
4 minutos 45 segundos
1.5.2.7838
1.5.2 build 7838
Windows 64



Agisoft Metashape

Informe de procesamiento
29 December 2024



Datos del levantamiento

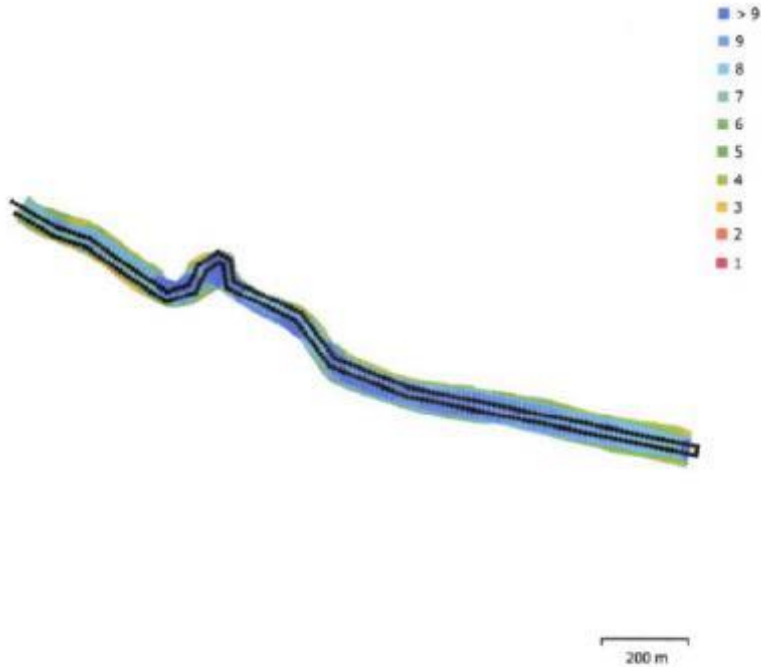


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 321	Panorámicas multicámara: 21
Altitud media de vuelo: 55.9 m	Puntos de paso: 66,032
Resolución en terreno: 1.54 cm/pix	Proyecciones: 310,787
Área cubierta: 0.127 km ²	Error de reproyección: 0.51 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310S (8.8mm)	5472 x 3078	8.8 mm	2.53 x 2.53 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

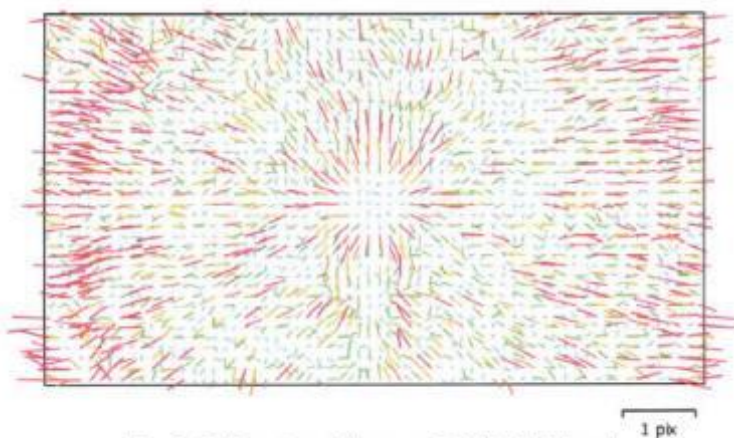


Fig. 2. Gráfico de residuos para FC6310S (8.8mm).

FC6310S (8.8mm)

330 imágenes

Tipo
Cuadro

Resolución
5472 x 3078

Distancia focal
8.8 mm

Tamaño de pixel
2.53 x 2.53 micras

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3745.03	6.2	1.00	0.06	0.40	-0.63	-0.10	0.71	-0.40	-0.94
Cx	-5.59936	0.13		1.00	0.32	-0.54	-0.11	0.63	-0.14	-0.73
Cy	-14.8449	0.057			1.00	-0.25	-0.04	0.29	-0.21	-0.14
K1	-0.00831437	5e-005				1.00	-0.62	-0.00	0.29	0.53
K2	-0.00182788	0.00012					1.00	-0.76	0.04	0.09
K3	0.0124723	0.00017						1.00	-0.28	-0.60
P1	-0.000826339	3.4e-006							1.00	0.31
P2	-0.00234234	4.7e-006								1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Puntos de control terrestre

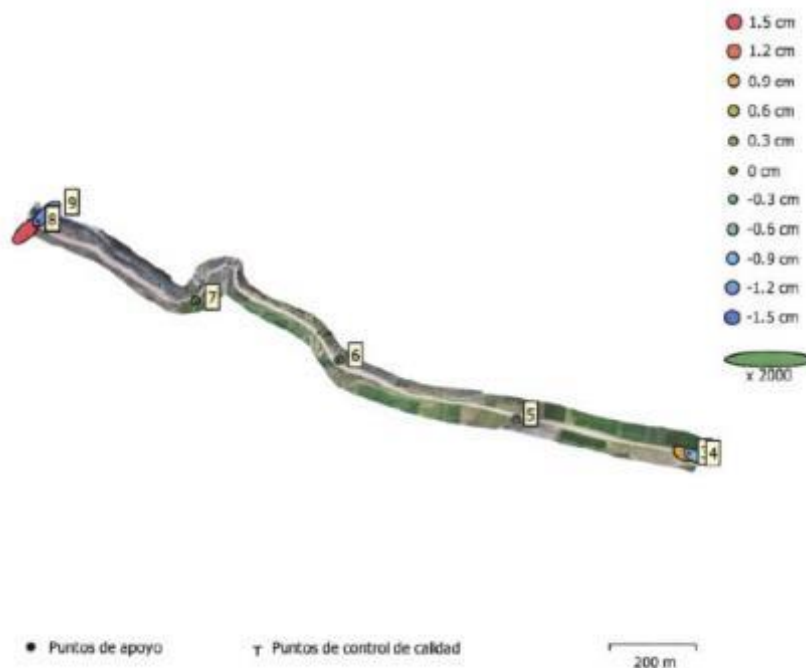


Fig. 3. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.
El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.
Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
7	1.08785	0.912894	0.847946	1.42014	1.65403

Tabla 3. ECM de puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.



Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
3	0.999376	-0.536655	0.909119	1.4537	0.201 (8)
4	-0.938277	0.507972	-0.724556	1.28972	0.302 (11)
5	-0.0402007	0.0883453	-0.101952	0.140766	0.230 (9)
6	-0.122531	-0.0652159	-0.0389658	0.144171	0.244 (12)
7	0.161532	-0.00631643	-0.187895	0.247865	0.210 (8)
8	1.75638	1.64153	1.44603	2.80544	0.326 (8)
9	-1.81032	-1.6065	-1.24233	2.72057	0.370 (8)
Total	1.08785	0.912894	0.847946	1.65403	0.274

Tabla 4. Puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

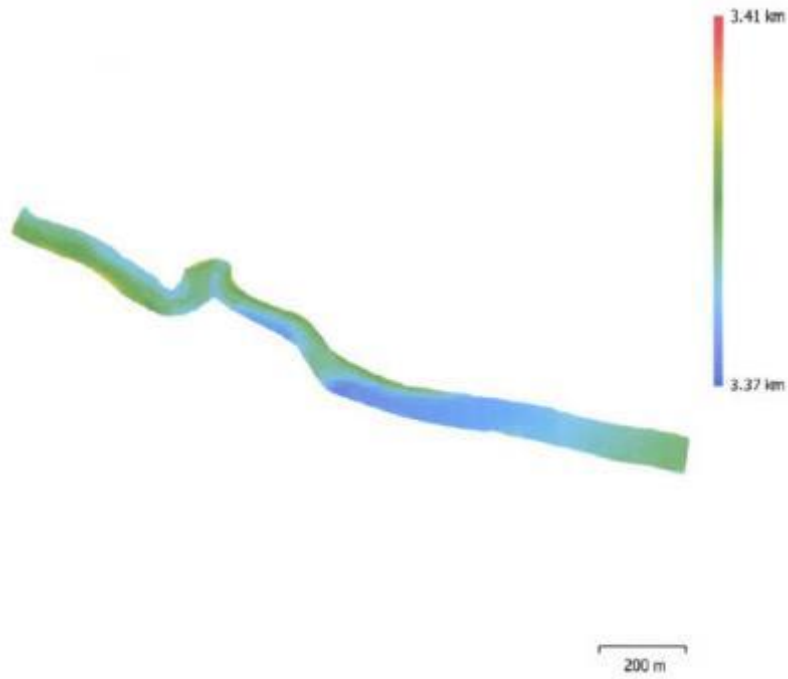


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 6.16 cm/pix
Densidad de puntos: 263 puntos/m²

Parámetros de procesamiento

Generales	
Cámaras	321
Cámaras orientadas	321
Marcadores	7
Formas	
Polígonos	1
Sistema de coordenadas	WGS 84 + EGM96 height
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)
Ángulo de rotación	Guñada, cabeceo, alabeo
Nube de puntos	
Puntos	66,032 de 69,872
RMS error de reproyección	0.215773 (0.510312 pix)
Error de reproyección máximo	3.15432 (19.2284 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	2.407 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	4.85343
Parámetros de orientación	
Precisión	Alta
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Sí
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de paso por foto	1,000
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	7 minutos 2 segundos
Tiempo de orientación	2 minutos 24 segundos
Parámetros de optimización	
Parámetros	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo de optimización	4 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Nube de puntos densa	
Puntos	31,936,911
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Meda
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	14 minutos 55 segundos
Parámetros de generación de la nube densa	
Tiempo de procesamiento	16 minutos 51 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Modelo	
Caras	7,661,512
Vértices	3,841,362
Colores de vértices	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Meda
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	14 minutos 55 segundos
Parámetros de reconstrucción	



Generales

Tipo de superficie	Bajorelieve / terreno
Datos fuente	Nube de puntos densa
Interpolación	Hebilla
Máscaras volumétricas estrictas	No
Tiempo de procesamiento	5 minutos 21 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838

Ortomosaico

Tamaño	78,545 x 31,218
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG:32719)
Colores	3 bandas, uint8

Parámetros de reconstrucción

Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	Malla
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Tiempo de procesamiento	12 minutos 0 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838

Software

Versión	1.5.2 build 7838
Plataforma	Windows 64



Agisoft Metashape

Informe de procesamiento
29 December 2024



Datos del levantamiento

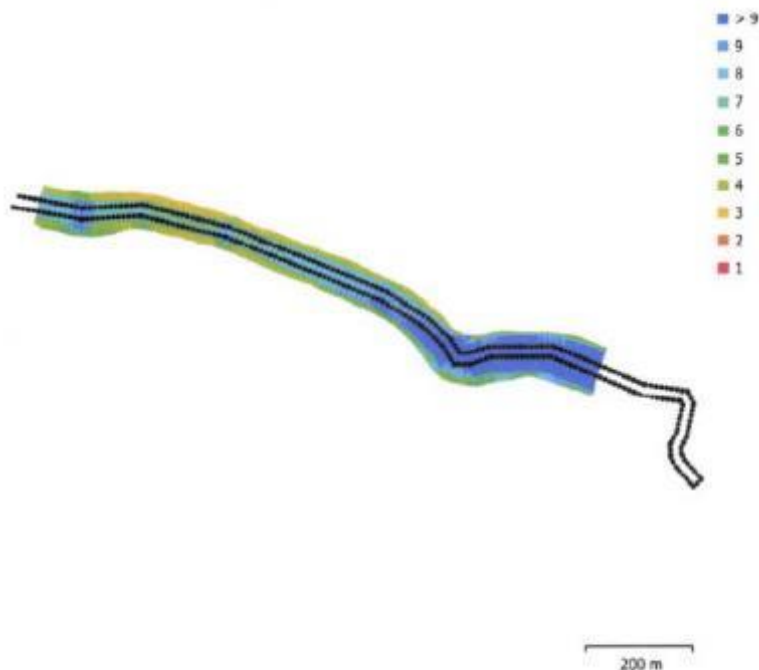


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 330	Panorámicas multicámara: 20
Altitud media de vuelo: 61.3 m	Puntos de paso: 61,442
Resolución en terreno: 1.52 cm/pix	Proyecciones: 297,191
Área cubierta: 0.0865 km ²	Error de reproyección: 0.449 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310S (8.8mm)	5472 x 3078	8.8 mm	2.53 x 2.53 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

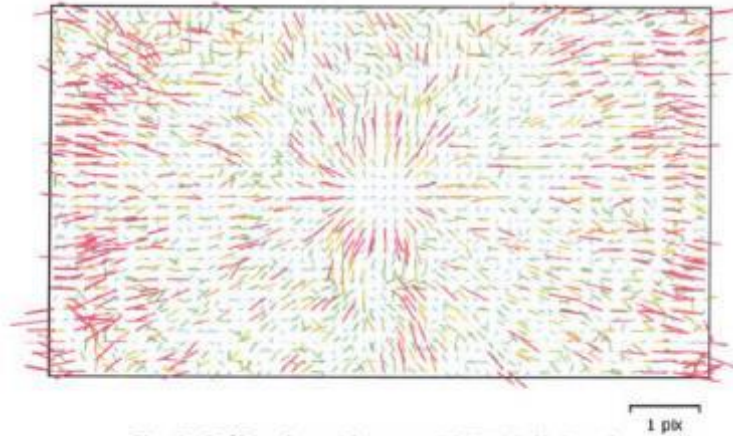


Fig. 2. Gráfico de residuos para FC6310S (8.8mm).

FC6310S (8.8mm)

321 imágenes

Tipo
Cuadro

Resolución
5472 x 3078

Distancia focal
8.8 mm

Tamaño de píxel
2.53 x 2.53 micras

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3283.42	3.3	1.00	0.40	0.17	-0.16	-0.02	0.21	-0.09	-0.34
Cx	-12.0137	0.12		1.00	0.05	-0.07	-0.07	0.15	0.41	-0.20
Cy	-18.7698	0.087			1.00	-0.01	-0.03	0.06	-0.11	0.42
K1	-0.00696071	8.2e-005				1.00	-0.92	0.81	0.01	0.07
K2	-0.00108351	0.00021					1.00	-0.96	0.02	-0.01
K3	0.00584256	0.00016						1.00	-0.04	-0.07
P1	-0.000732612	7.0e-006							1.00	-0.05
P2	-0.00208827	6.5e-006								1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Puntos de control terrestre

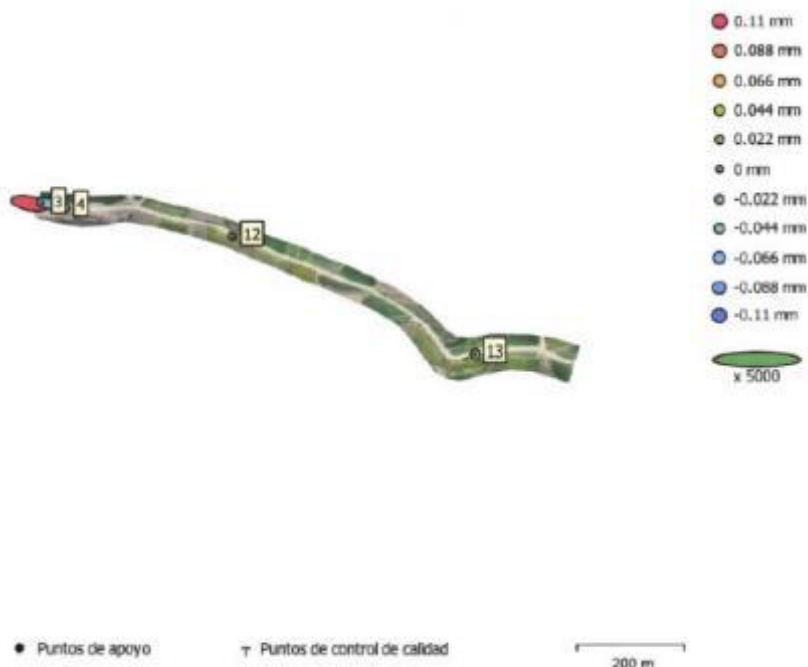


Fig. 3. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.
El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.
Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (mm)	Error en Y (mm)	Error en Z (mm)	Error en XY (mm)	Total (mm)
4	5.74503	1.39948	0.0619813	5.91303	5.91336

Tabla 3. ECM de puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.



Nombre	Error en X (mm)	Error en Y (mm)	Error en Z (mm)	Total (mm)	Imagen (pix)
3	7.9604	-1.80612	0.106288	8.16342	0.269 (8)
4	-8.27056	2.10083	-0.0595918	8.53342	0.315 (8)
12	0.476056	-0.377475	-0.000110067	0.60755	0.206 (8)
13	-0.157054	0.12714	0.0227701	0.203344	0.242 (12)
Total	5.74503	1.39948	0.0619813	5.91336	0.259

Tabla 4. Puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

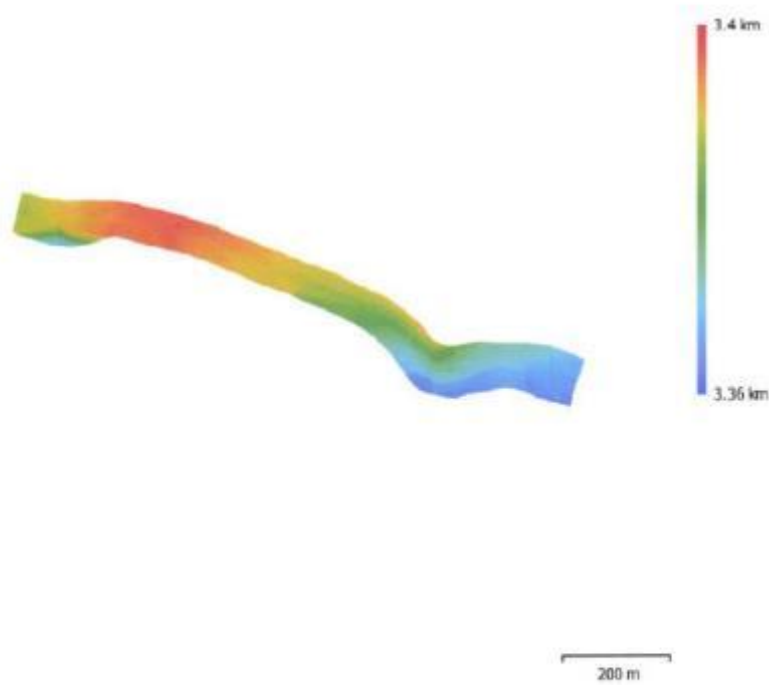


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 6.07 cm/pix
Densidad de puntos: 271 puntos/m²

Parámetros de procesamiento

Generales	
Cámaras	330
Cámaras orientadas	330
Marcadores	4
Formas	
Polígonos	2
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo
Nube de puntos	
Puntos	61,442 de 65,991
RMS error de reproyección	0.185741 (0.449234 pix)
Error de reproyección máximo	0.778054 (9.57183 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	2.42059 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	5.23635
Parámetros de orientación	
Precisión	Alta
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Sí
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de paso por foto	1,000
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	15 minutos 6 segundos
Tiempo de orientación	2 minutos 5 segundos
Parámetros de optimización	
Parámetros	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo de optimización	2 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Nube de puntos densa	
Puntos	22,807,414
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	20 minutos 3 segundos
Parámetros de generación de la nube densa	
Tiempo de procesamiento	11 minutos 23 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Modelo	
Caras	5,380,506
Vértices	2,695,998
Colores de vértices	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	20 minutos 3 segundos
Parámetros de reconstrucción	
Tipo de superficie	Bajorrelevé / terreno



Generales

Datos fuente
Interpolación
Máscaras volumétricas estrictas
Tiempo de procesamiento
Versión del programa

Ortomosaico

Tamaño
Sistema de coordenadas
Colores

Parámetros de reconstrucción

Modo de mezcla
Superficie
Permitir el cierre de agujeros
Tiempo de procesamiento
Versión del programa

Software

Versión
Plataforma

Nube de puntos densa

Habilitada

No

2 minutos 3 segundos

1.5.2.7838

14,290 x 26,669

WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)

3 bandas, uint8

Mosaico

Malla

Sí

3 minutos 29 segundos

1.5.2.7838

1.5.2 build 7838

Windows 64



Agisoft Metashape

Informe de procesamiento
29 December 2024



Datos del levantamiento

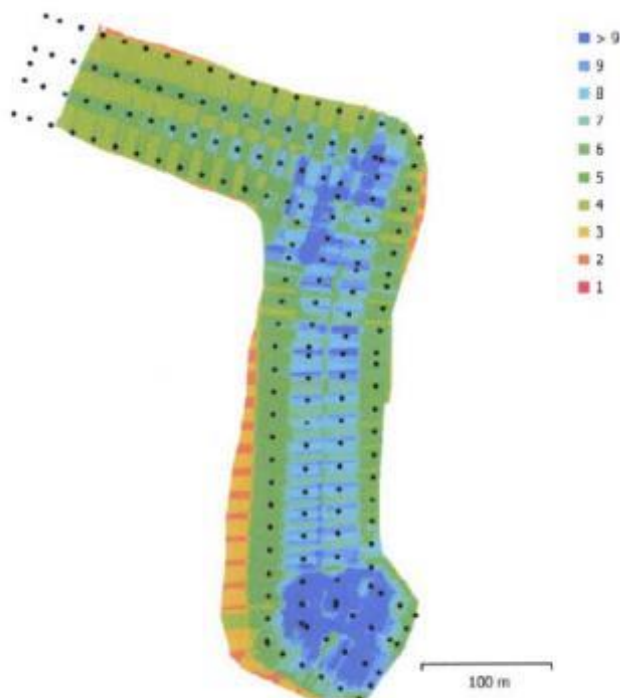


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 176	Panorámicas multicámara: 76
Altitud media de vuelo: 30.9 m	Puntos de paso: 48,145
Resolución en terreno: 1.38 cm/pix	Proyecciones: 158,414
Área cubierta: 0.0678 km ²	Error de reproyección: 1.09 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310S (8.8mm)	5472 x 3078	8.8 mm	2.53 x 2.53 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

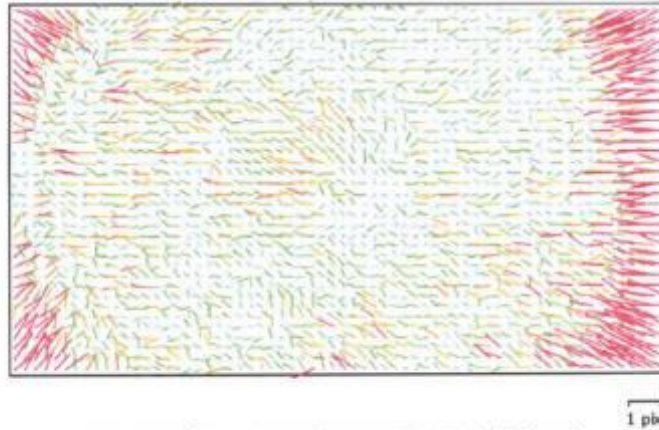


Fig. 2. Gráfico de residuos para FC6310S (8.8mm).

FC6310S (8.8mm)

176 imágenes

Tipo **Cuadro** Resolución **5472 x 3078** Distancia focal **8.8 mm** Tamaño de píxel **2.53 x 2.53 micras**

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	1593.32	26	1.00	0.52	0.05	-0.73	0.05	0.62	-0.56	-0.91
Cx	-35.7969	0.42		1.00	0.06	-0.38	0.03	0.32	-0.28	-0.48
Cy	-16.8183	0.28			1.00	-0.05	0.01	0.02	-0.02	-0.03
K1	-0.00227541	8.3e-005				1.00	-0.62	-0.03	0.39	0.66
K2	2.77561e-005	3.1e-005					1.00	-0.73	0.00	-0.04
K3	4.32772e-005	6.9e-006						1.00	-0.37	-0.57
P1	-0.000382035	1.2e-005							1.00	0.50
P2	-0.00101851	1.8e-005								1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Puntos de control terrestre



Fig. 3. 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 (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
4	5.71152	4.28054	0.44199	7.13755	7.15122

Tabla 3. ECM de puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.



Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
14	7.38672	-5.96535	-0.53374	9.50968	0.822 (12)
15	-7.87767	5.72858	0.532714	9.7549	0.791 (11)
18	2.86577	1.68464	0.320646	3.33968	1.100 (11)
19	-2.37741	-1.4325	-0.331582	2.79537	0.807 (10)
Total	5.71152	4.28054	0.44199	7.15122	0.889

Tabla 4. Puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

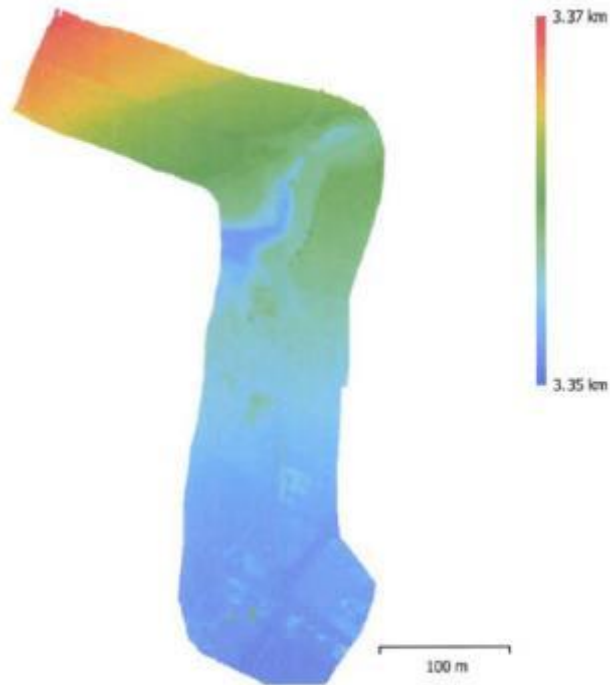


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 5.51 cm/pix
Densidad de puntos: 330 puntos/m²

Parámetros de procesamiento

Generales	
Cámaras	176
Cámaras orientadas	176
Marcadores	4
Formas	
Polígonos	2
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)
Ángulo de rotación	Guñada, cabeceo, alabeo
Nube de puntos	
Puntos	48,145 de 51,918
RMS error de reproyección	0.278621 (1.08755 pix)
Error de reproyección máximo	1.44716 (11.9642 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	4.51056 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	3.48288
Parámetros de orientación	
Precisión	Alta
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Sí
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de paso por foto	1,000
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	9 minutos 32 segundos
Tiempo de orientación	1 minuto 32 segundos
Parámetros de optimización	
Parámetros	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo de optimización	46 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Nube de puntos densa	
Puntos	16,189,612
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	10 minutos 5 segundos
Parámetros de generación de la nube densa	
Tiempo de procesamiento	5 minutos 21 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838
Modelo	
Caras	4,572,556
Vértices	2,291,295
Colores de vértices	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	10 minutos 5 segundos
Parámetros de reconstrucción	
Tipo de superficie	Bajorreleve / terreno



Generales

Datos fuente
Interpobción
Máscaras volumétricas estrictas
Tiempo de procesamiento
Versión del programa

Nube de puntos densa
Habilitada
No
3 minutos 30 segundos
1.5.2.7838

Ortomosaico

Tamaño
Sistema de coordenadas
Colores

53,142 x 20,029
WGS 84 / UTM zone 19S (EPSG::32719)
3 bandas, uint8

Parámetros de reconstrucción

Modo de mezcla
Superficie
Permitir el cierre de agujeros
Tiempo de procesamiento

Mosaico
Malla
Sí
14 minutos 11 segundos

Versión del programa

1.5.2.7838

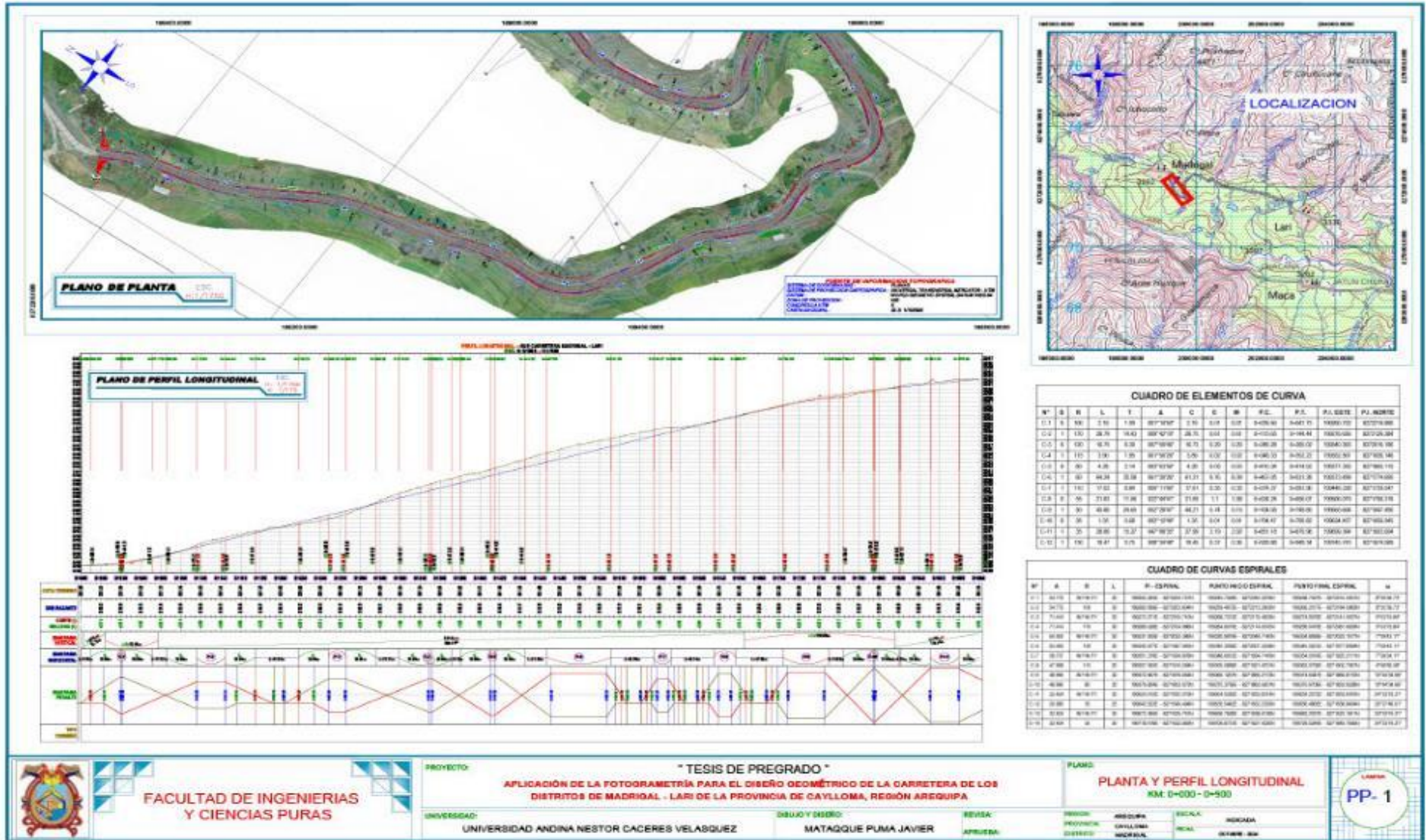
Software

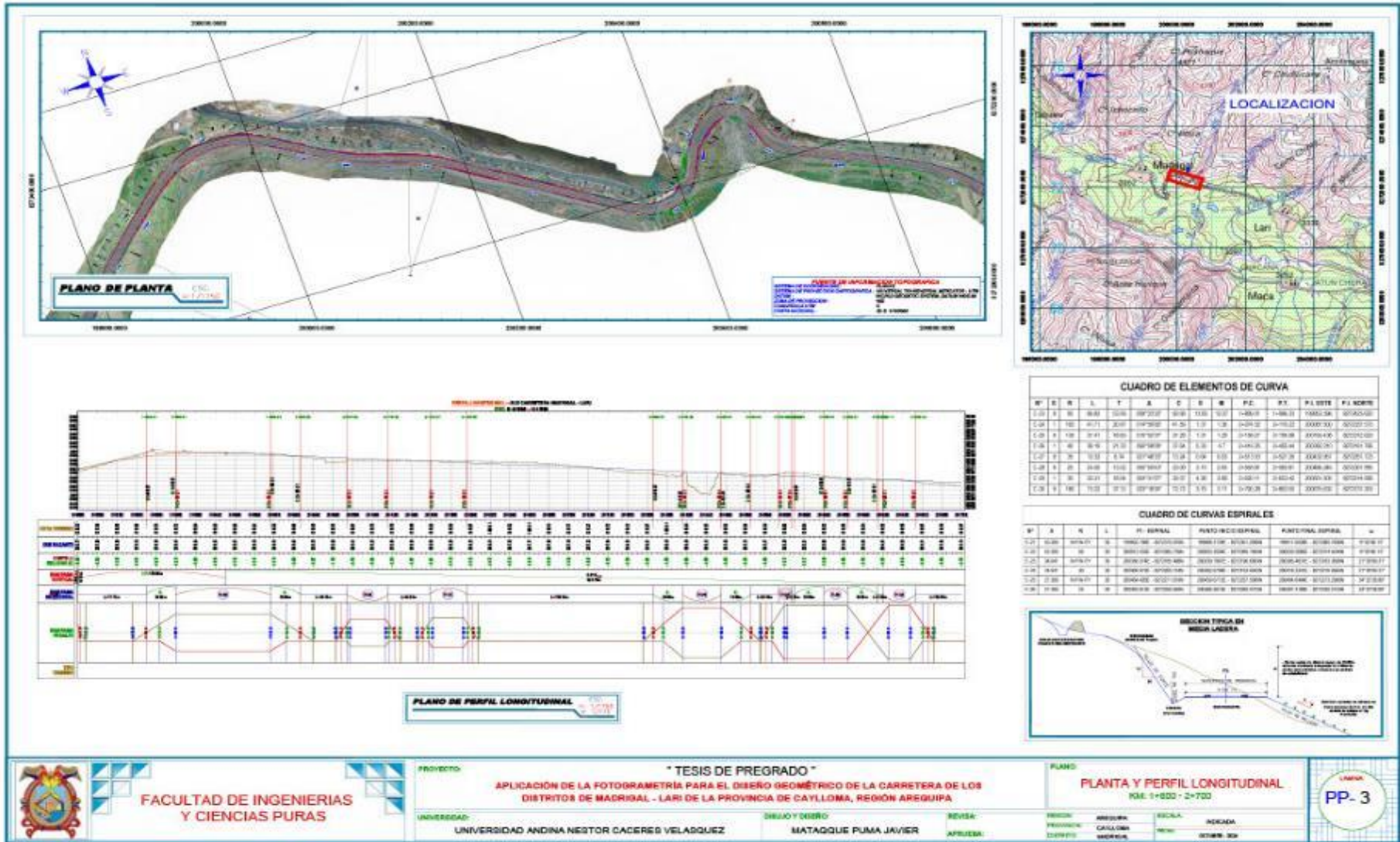
Versión
Plataforma

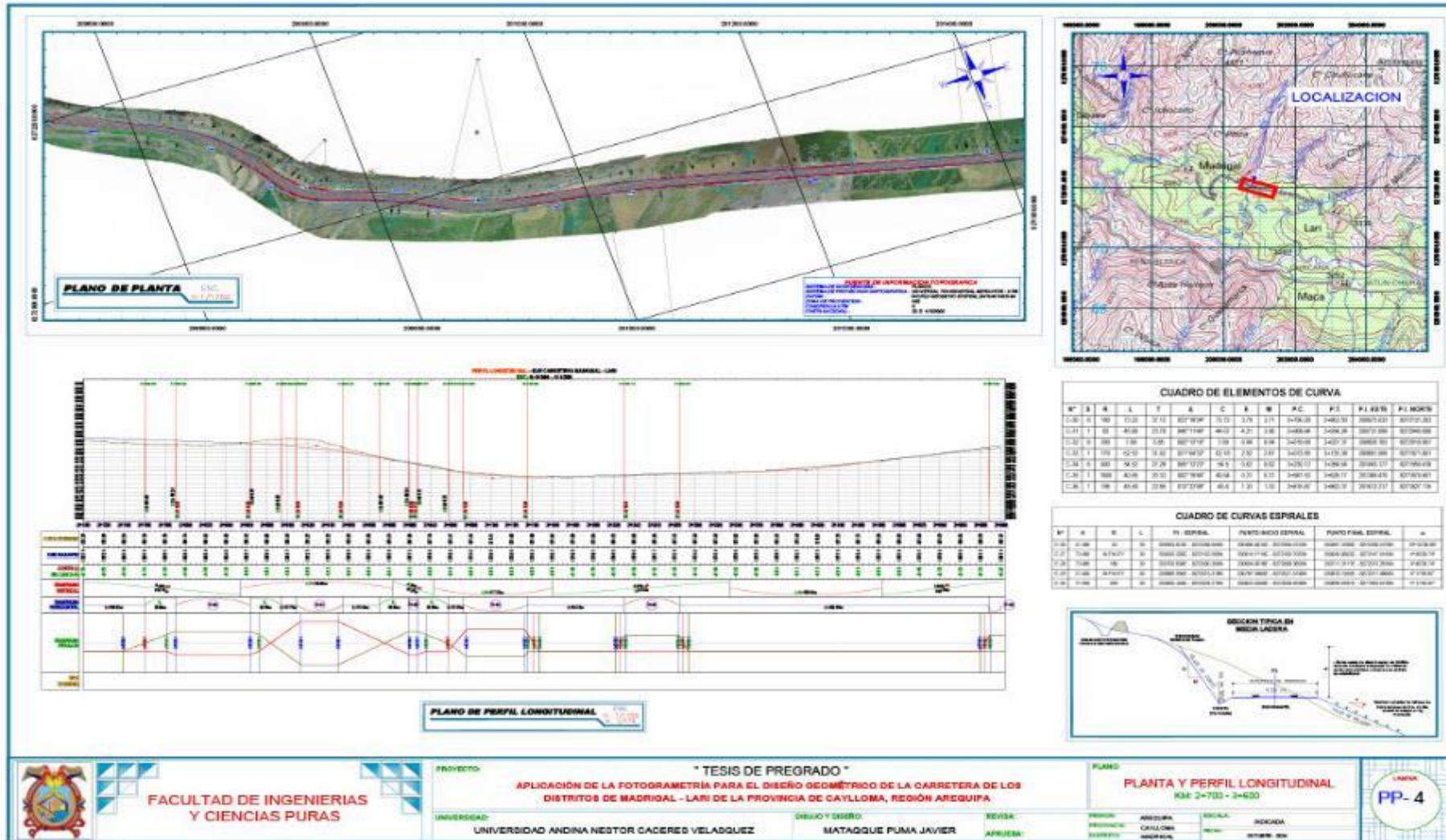
1.5.2 build 7838
Windows 64

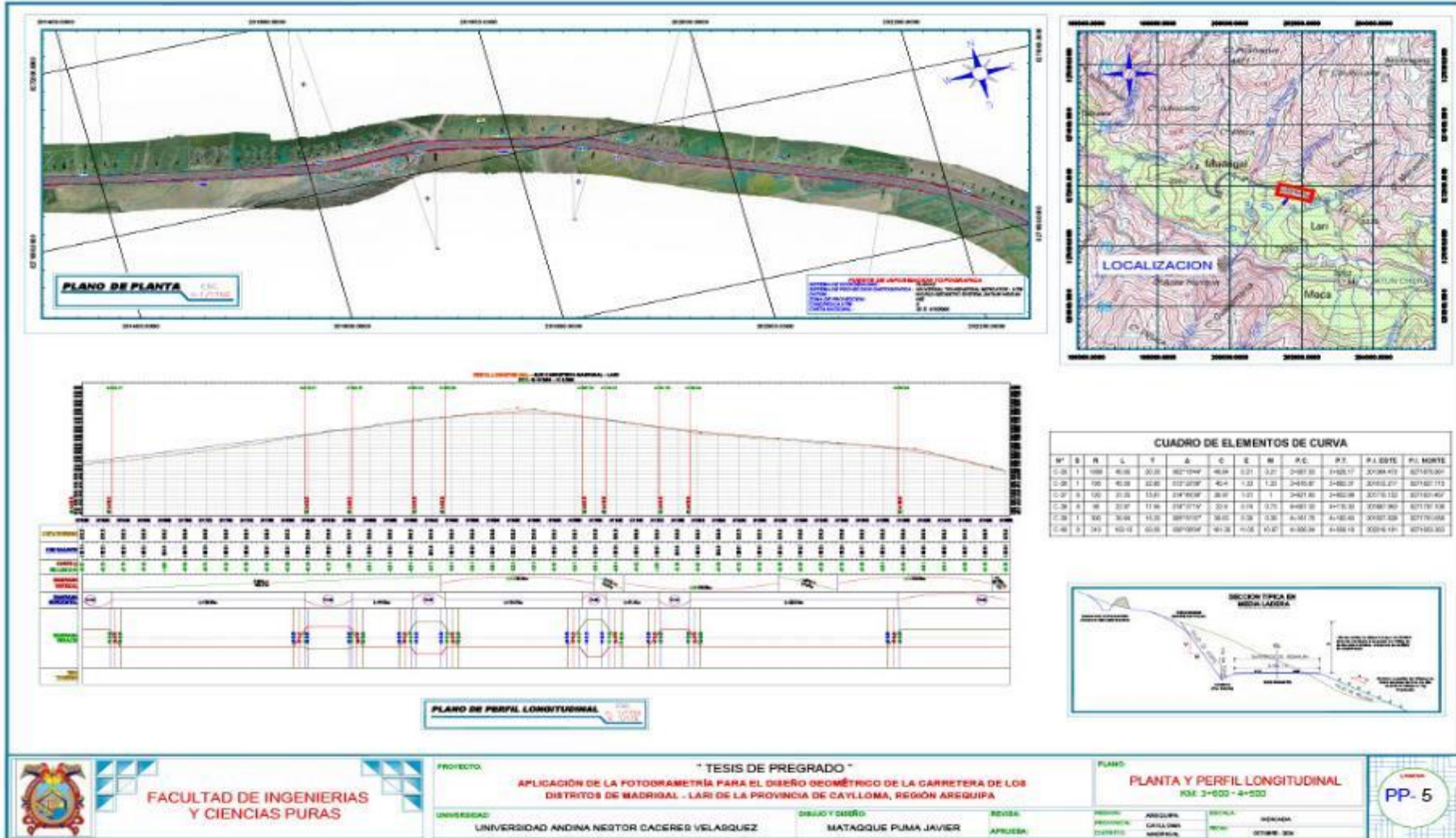


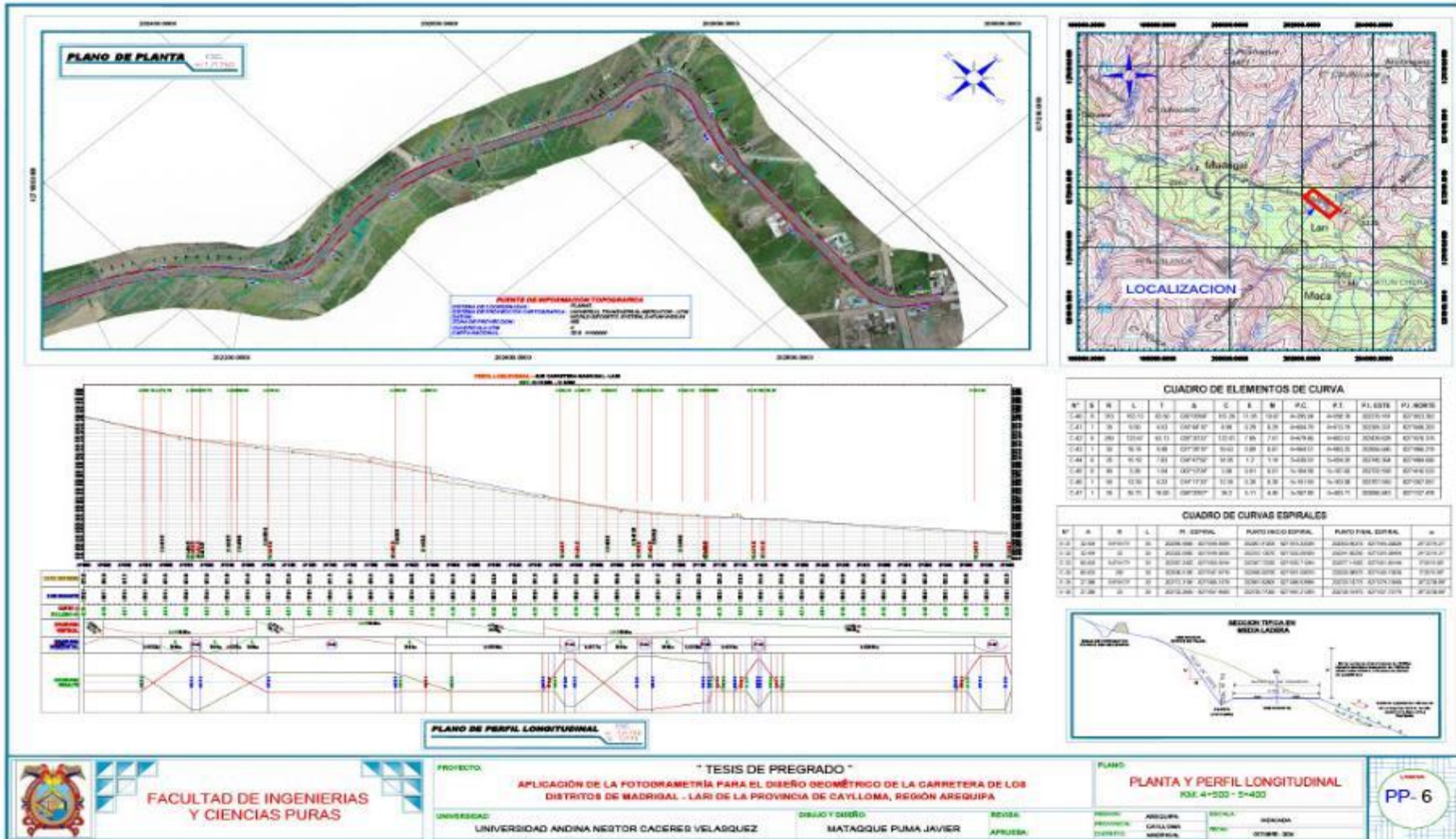
ANEXO 5
PLANOS

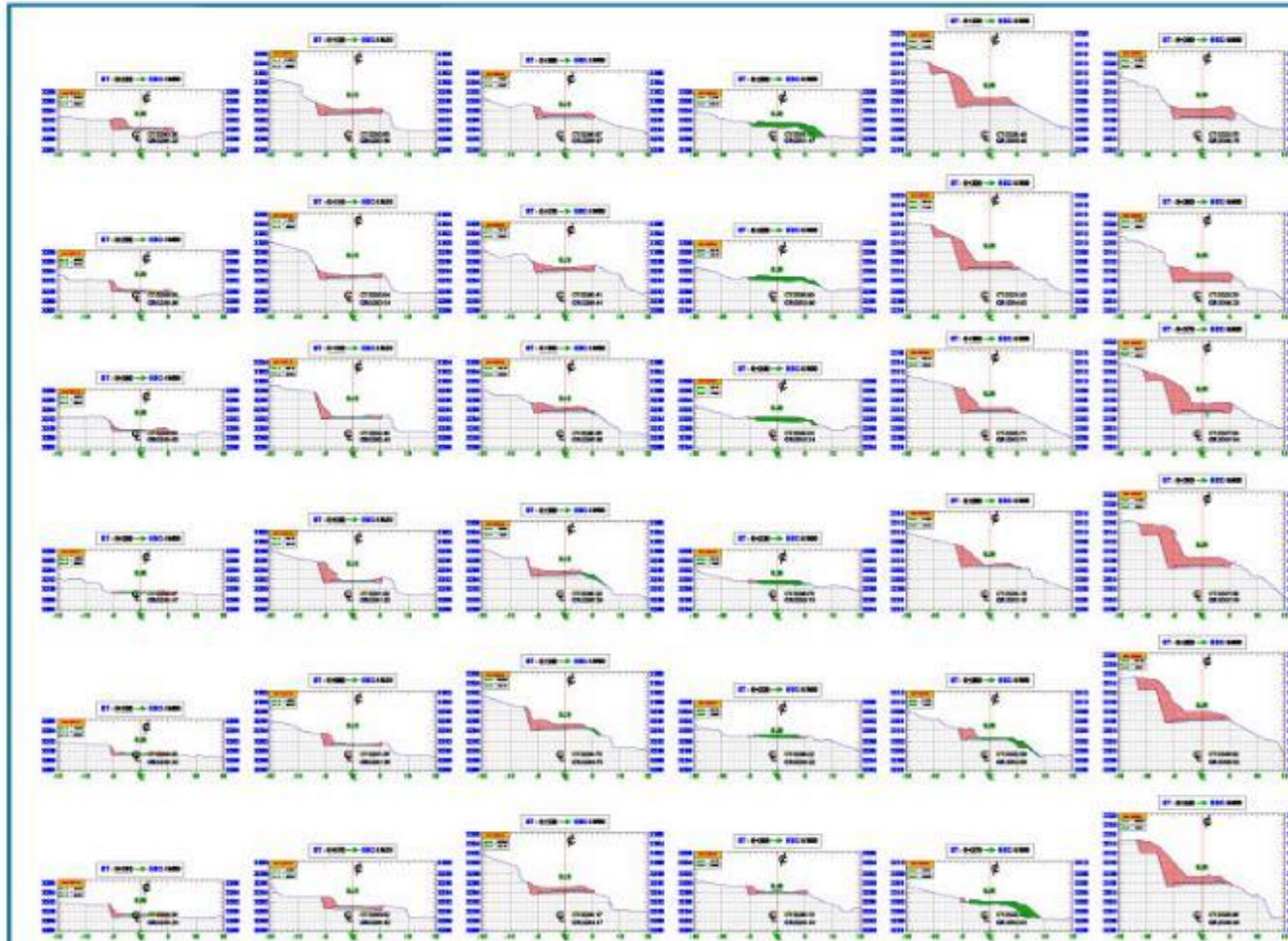












CUADRO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS							
PROCESO A	AREA DE CORTE	AREA DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	ADICIONALES VOLUMEN DE CORTE	ADICIONALES VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN NETO
D-01	0.718	0.380	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D-02	1.471	0.540	0.000	4.700	21.900	4.700	16.300
D-03	1.980	0.000	18.110	0.000	42.000	11.900	36.000
D-04	0.000	0.000	24.700	4.200	66.800	10.710	61.010
D-05	0.475	0.475	37.800	2.400	14.700	10.110	66.800
D-06	0.700	0.000	42.800	2.210	100.000	20.400	140.000
D-07	0.700	0.000	77.900	0.000	240.210	20.400	200.000
D-08	4.700	0.110	34.000	0.000	200.710	21.200	270.000
D-09	0.010	0.140	71.000	1.000	300.400	22.000	240.000
D-10	0.010	0.140	77.000	1.400	443.000	24.000	470.000
D-11	0.770	0.000	86.700	0.700	57.000	20.000	470.000
D-12	11.700	0.000	80.000	0.000	300.000	20.000	300.000
D-13	40.700	0.000	111.000	0.000	330.000	30.000	470.000
D-14	12.000	0.770	110.000	0.010	470.000	20.000	700.000
D-15	1.070	1.000	100.000	13.210	245.000	40.000	370.000
D-16	0.010	0.000	80.100	10.000	600.000	20.000	600.000
D-17	0.070	0.000	80.000	0.000	600.000	40.000	600.000
D-18	1.000	0.000	30.000	0.000	110.000	30.000	110.000
D-19	0.000	0.100	100.000	1.000	600.000	40.000	600.000
D-20	0.070	0.000	20.000	41.710	100.000	40.000	600.000
D-21	0.000	0.100	4.700	40.000	100.000	140.000	140.000
D-22	0.100	7.700	4.700	60.000	100.000	210.000	110.000
D-23	0.000	0.010	0.000	0.000	100.000	20.000	100.000
D-24	0.000	0.000	0.000	0.000	100.000	40.000	100.000
D-25	0.475	12.100	1.000	100.000	100.000	50.000	110.000
D-26	0.700	4.000	30.700	50.470	100.000	40.710	100.000
D-27	11.700	0.110	80.000	20.000	100.000	20.000	100.000
D-28	11.000	0.000	140.000	0.000	100.000	100.000	100.000
D-29	27.000	0.000	400.000	0.000	200.000	100.000	140.000
D-30	17.000	0.010	240.710	0.000	200.710	100.000	170.000
D-31	80.000	0.000	500.000	0.000	200.710	100.000	200.000
D-32	20.000	0.000	300.000	0.000	200.000	100.000	200.000
D-33	40.000	0.000	400.000	0.000	200.000	100.000	200.000
D-34	27.000	0.000	300.000	1.140	410.000	100.000	200.000
D-35	37.000	0.000	200.000	0.000	400.000	100.000	200.000



FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS

PROYECTO: "TESIS DE PREGRADO" APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRISAL - LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA, REGIÓN AREQUIPA

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ

DISEÑO Y DIBUJO: MATAQUE PUMA JAVIER

REVISIÓN: []

APROBACIÓN: []

PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES

KM D=002 - D=030

PROYECTO: AREQUIPA

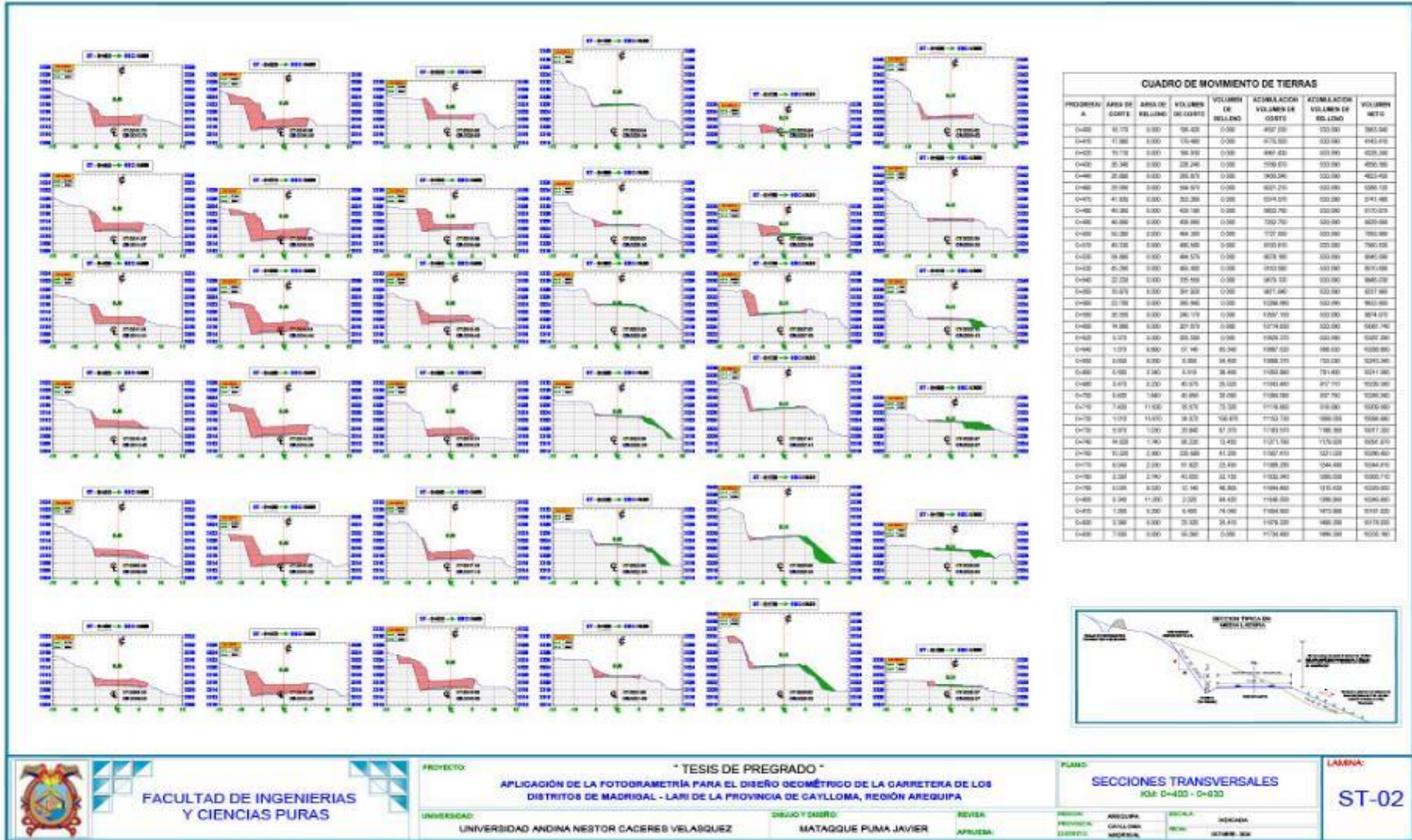
PROVINCIA: CAYLLOMA

DISTRITO: MADRISAL

FECHA: []

ESCALA: []

LÁMINA: ST-01



FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS

PROYECTO: "TESIS DE PREGRADO" APLICACIÓN DE LA FOTODIAGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIDAL - LAJI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA, REGIÓN AREQUIPA

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CERÓN VELÁSQUEZ

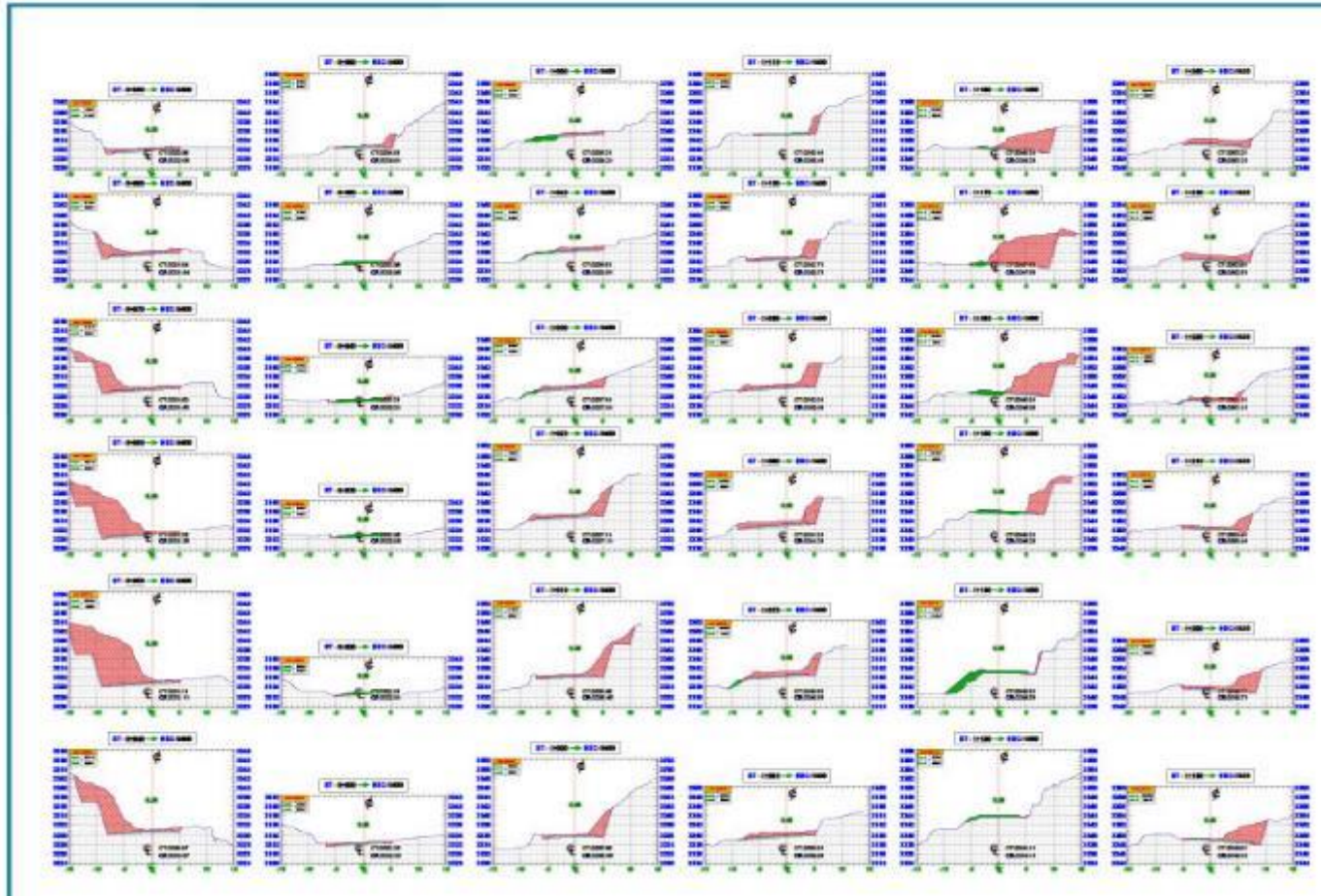
DISEÑO Y DISEÑO: MATAQUE PUMA JAVIER

REVISOR: APROBADA

PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES (KM: D+00 - D+200)

LÁMINA: ST-02

REGIÓN: AREQUIPA **PROVINCIA:** CAYLLOMA **DISTRITO:** MADRIDAL **LOCALIDAD:** REGIENDA **FECHA:** 2024.03.04



CUADRO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS							
PROGRESO A	AREA DE CORTA	AREA DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTA	VOLUMEN DE RELLENO	ACUMULACION VOLUMEN DE CORTA	ACUMULACION VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN NETO
0+00	0.000	0.000	344.860	0.000	344.860	0.000	344.860
0+50	132.300	0.000	650.880	0.000	1025.440	0.000	1157.740
1+00	712.900	0.000	1001.770	0.000	1738.210	0.000	1950.210
1+50	314.000	0.000	390.230	0.000	2128.440	0.000	2442.440
2+00	143.800	0.000	180.820	0.000	2309.260	0.000	2690.060
2+50	4.800	0.000	32.870	0.000	2342.130	0.000	2674.460
3+00	1.400	0.000	22.850	0.000	2364.980	0.000	2656.760
3+50	0.000	2.300	26.260	27.000	2391.240	27.000	2412.240
4+00	0.000	3.400	1.400	37.940	2406.340	64.940	2341.400
4+50	1.400	4.870	11.380	38.340	2424.680	103.280	2321.400
5+00	1.700	5.370	12.650	37.860	2462.540	141.140	2321.400
5+50	5.300	0.000	44.500	38.360	2515.300	179.500	2335.800
6+00	10.900	0.000	101.850	4.840	2617.450	224.340	2393.100
6+50	22.470	0.000	163.780	0.000	2781.230	224.340	2556.890
7+00	37.940	0.000	212.260	0.000	3028.490	224.340	2803.150
7+50	57.300	1.800	169.580	4.320	3297.970	228.660	3069.310
8+00	4.340	1.400	44.870	16.620	3463.210	230.280	3333.930
8+50	0.000	4.340	44.830	27.000	3639.540	228.280	3611.260
9+00	0.000	0.000	33.880	32.040	3823.420	223.240	3800.180
9+50	14.500	1.100	140.820	4.070	4027.130	219.170	3808.960
1+000	21.000	0.000	107.870	-4.070	4234.300	215.100	3819.200
1+500	28.200	0.000	217.870	0.000	4452.170	215.100	3827.070
2+000	10.900	0.000	152.160	-0.000	4594.330	215.100	3843.730
2+500	0.000	0.470	36.360	2.000	4760.690	215.100	3876.590
3+000	0.000	2.000	30.360	10.000	4891.050	215.100	3936.250
3+500	1.000	10.000	11.000	140.000	5001.050	215.100	3986.950
4+000	21.000	5.000	50.000	36.950	5138.000	215.100	4044.400
4+500	40.000	4.000	271.800	36.360	5329.860	215.100	4109.960
5+000	47.000	1.000	490.360	36.360	5520.220	215.100	4183.120
5+500	31.000	0.340	410.870	12.280	5711.090	215.100	4263.990
6+000	25.700	0.100	289.120	1.040	5900.210	215.100	4352.110
6+500	18.000	0.000	160.880	0.000	6079.090	215.100	4447.990
7+000	12.100	0.000	101.880	0.000	6257.270	215.100	4551.170
7+500	7.300	0.000	59.200	1.440	6425.810	215.100	4661.710
8+000	4.100	0.000	32.880	0.000	6585.710	215.100	4778.610
8+500	2.100	0.000	16.880	0.000	6736.610	215.100	4901.510
9+000	1.000	0.000	8.880	0.000	6878.510	215.100	5030.410



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

PROYECTO: " TESIS DE PREGRADO " APLICACIÓN DE LA FOTOMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL - LARI DE LA PROVINCIA DE GAYLLOMA, REGIÓN AREQUIPA

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ

ORIGEN Y DISEÑO: MATAQUE PUMA JAVIER

REVISAR: APROBAR:

PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES

KM: 0+000 - 1+250

PROVINCIA: GAYLLOMA

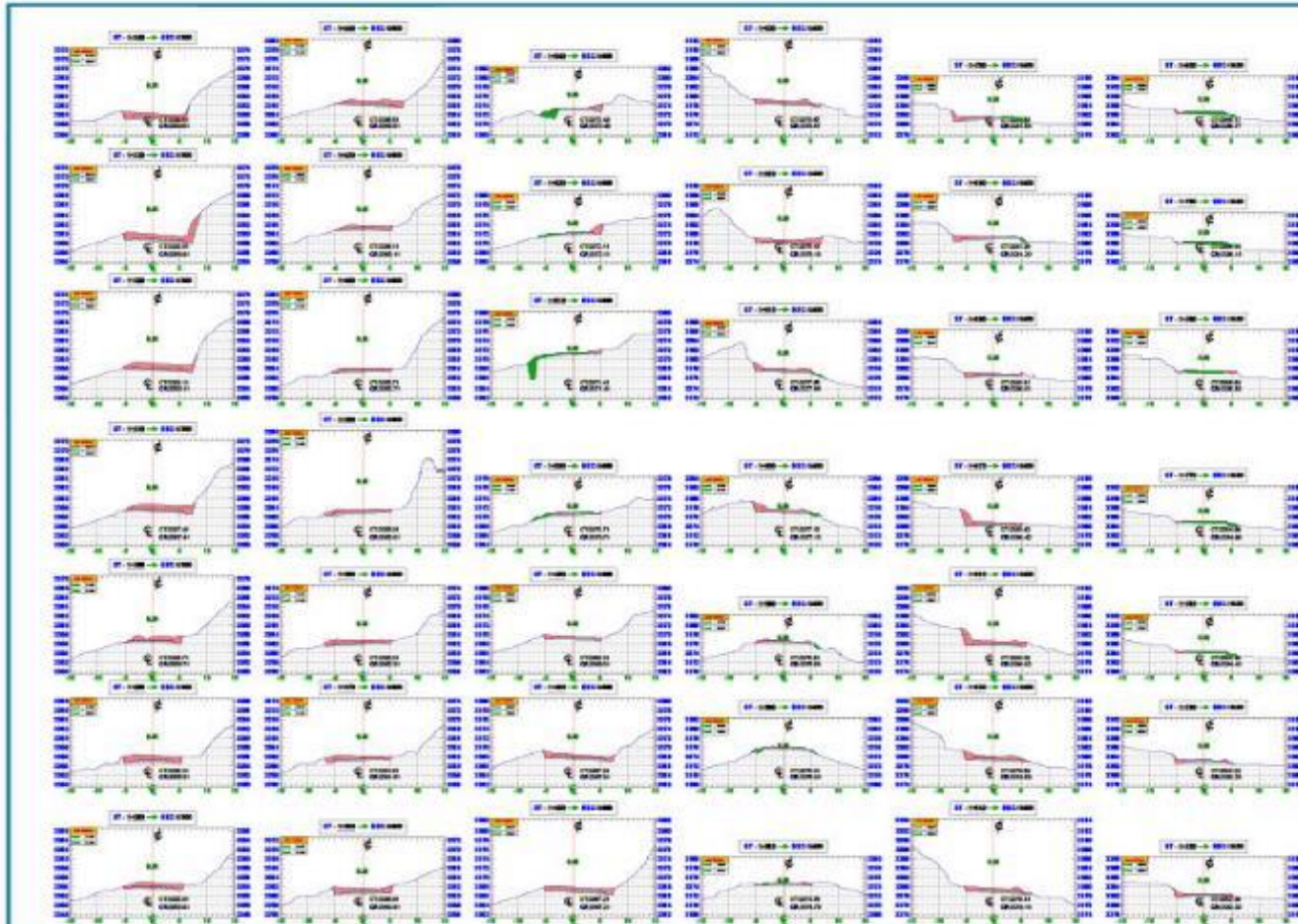
DISTRITO: MADRIGAL

FECHA: 2020-08-08

ESCALA: 1:500

INDICAR: 000000

LAMINA: ST-03



CUADRO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROFUNDIDAD	ÁREA DE COPA	ÁREA DE VOLUMEN DE CORTA	VOLUMEN DE CORTA	VOLUMEN DE LLENADO	ADICIÓN VOLÚMEN DE CORTA	RESTA VOLÚMEN DE LLENADO	VOLUMEN NETO
1430	0.00	0.00	107.00	0.00	107.00	107.00	107.00
1420	17.70	0.00	171.00	0.00	188.70	188.70	188.70
1410	0.00	0.00	304.00	0.00	304.00	304.00	304.00
1400	13.00	0.00	140.00	0.00	153.00	153.00	153.00
1390	14.00	0.00	134.00	0.00	148.00	148.00	148.00
1380	19.00	0.00	106.00	0.00	125.00	125.00	125.00
1370	17.00	0.00	147.00	0.00	164.00	164.00	164.00
1360	10.00	0.00	210.00	0.00	220.00	220.00	220.00
1350	8.20	0.00	30.00	0.00	38.20	38.20	38.20
1340	1.00	0.00	71.00	0.00	72.00	72.00	72.00
1330	0.70	0.00	60.00	0.00	60.70	60.70	60.70
1320	0.00	0.00	32.00	0.00	32.00	32.00	32.00
1310	0.30	0.00	110.00	0.00	110.30	110.30	110.30
1300	0.70	0.00	60.00	0.00	60.70	60.70	60.70
1290	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1280	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1270	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1260	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1250	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1240	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1230	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1220	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1210	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1200	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1190	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1180	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1170	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1160	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1150	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1140	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1130	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1120	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1110	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1100	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1090	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1080	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1070	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1060	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1050	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1040	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1030	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1020	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1010	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00
1000	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00	30.00	30.00



FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS

PROYECTO: "TESIS DE PREGRADO" **APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRICAL - LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA, REGIÓN AREQUIPA**

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CERED VELAZQUEZ

DISEÑO Y DIBUJO: MATAQUE PUMA JAVIER

REVISÓ: [Nombre]

APROBÓ: [Nombre]

PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA: 1:200 - 1:000

PROYECTO: [Nombre]

PROVINCIA: CAYLLOMA

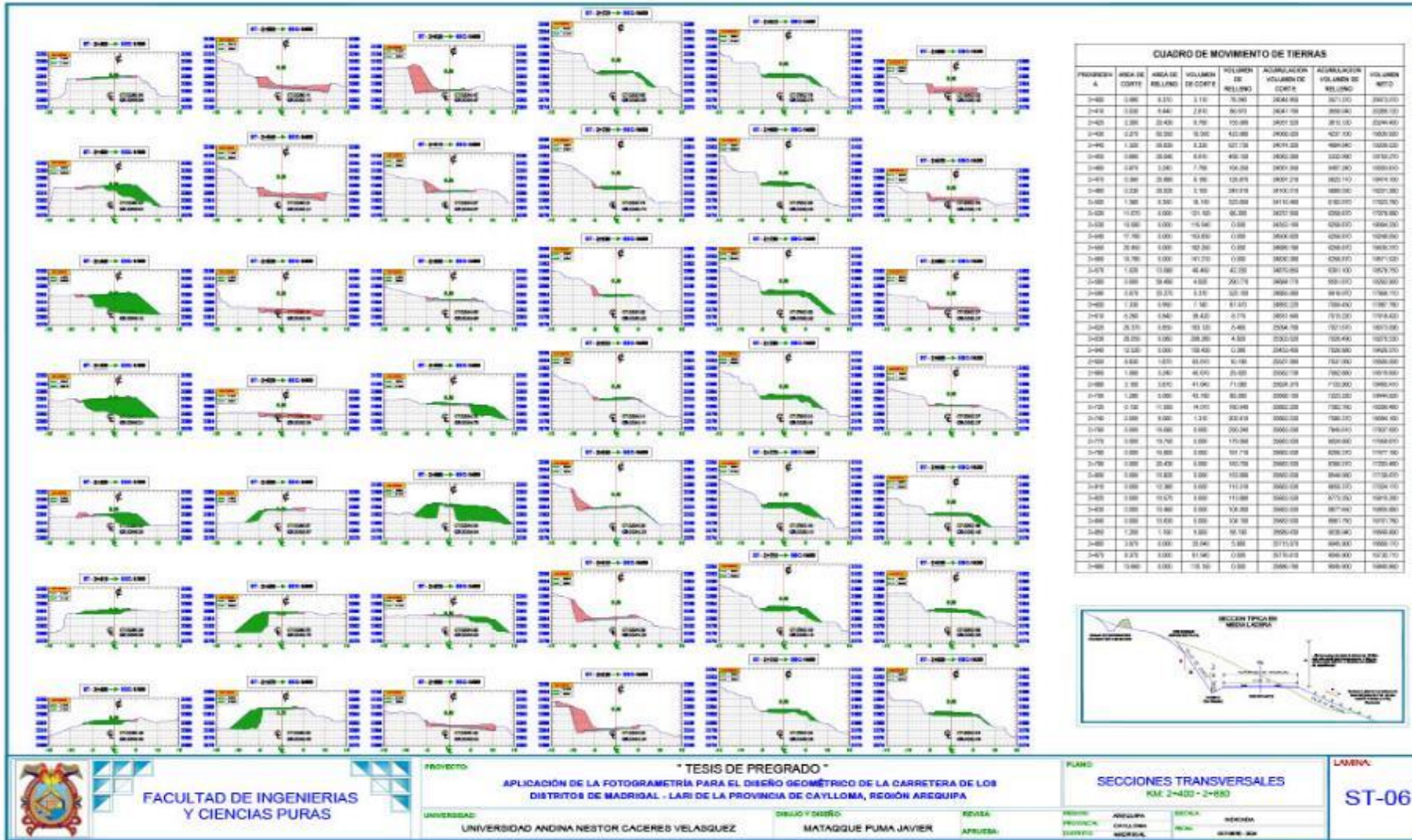
DISTRITO: MADRICAL

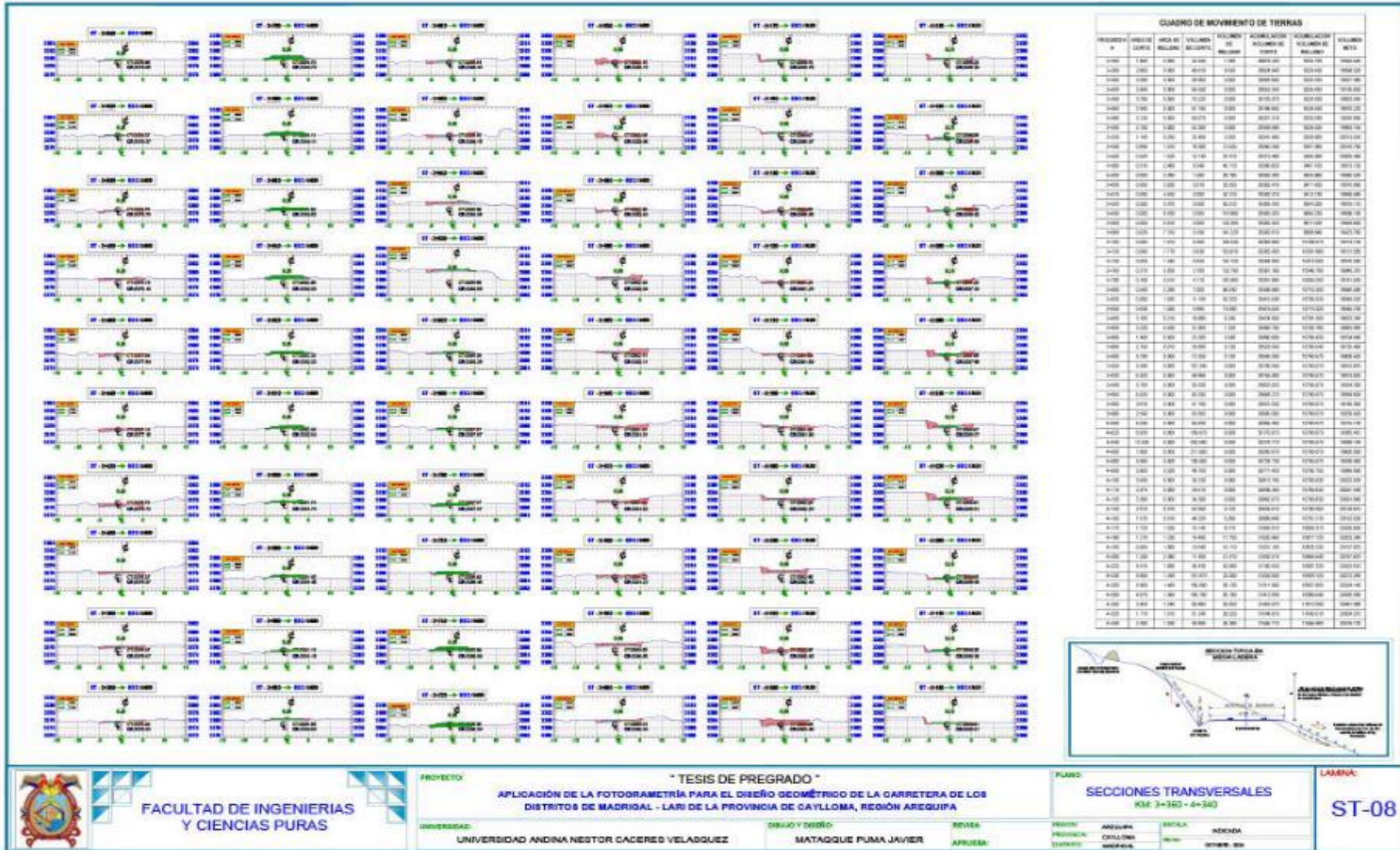
SECCIA: [Nombre]

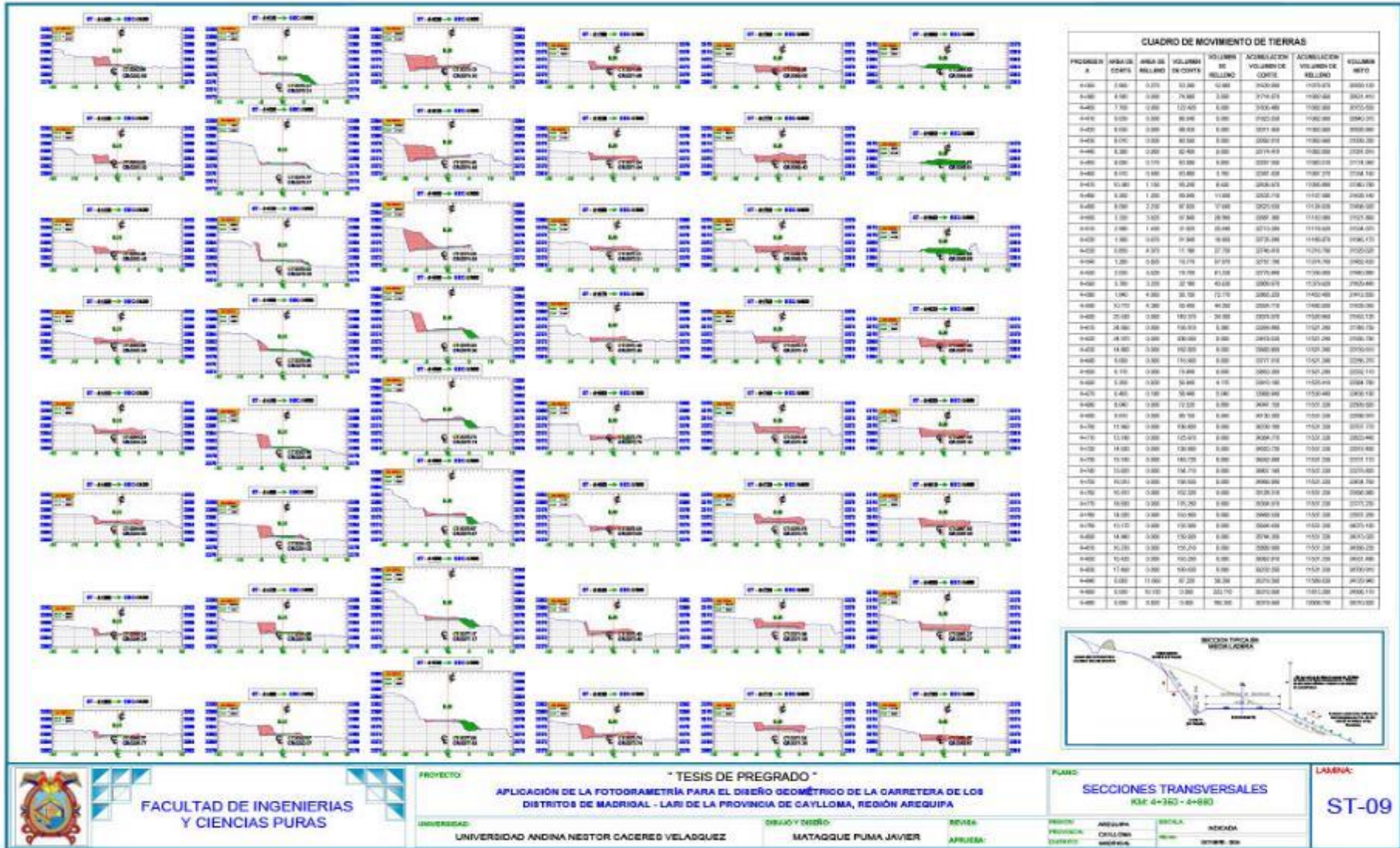
INICIADA: [Fecha]

TERMINADA: [Fecha]

LAMINA: ST-04







CUADRO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROCESO N°	ÁREA DE CORTA	ÁREA DE RELLENOS	VOLUMEN DE CORTA	VOLUMEN DE RELLENOS	ACUMULACION VOLUMEN DE CORTA	ACUMULACION VOLUMEN DE RELLENOS	VOLUMEN NETO
4-000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-020	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-030	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-040	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-050	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-060	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-070	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-080	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-090	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-110	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-130	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-140	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-160	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-170	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-190	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-210	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-220	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-230	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-240	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-250	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-260	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-280	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-290	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-310	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-320	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-330	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-340	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-350	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-360	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-370	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-380	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-390	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-410	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-420	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-430	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-440	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-450	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-460	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-470	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-480	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-490	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4-500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS

PROYECTO: "TESIS DE PREGRADO" APLICACION DE LA FOTOGRAMETRIA PARA EL DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL - LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA, REGION AREQUIPA

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CERON VELASQUEZ

DISEÑO Y DIBUJO: MATAQUE PUMA JAVIER

REVISOR: APROBADO:

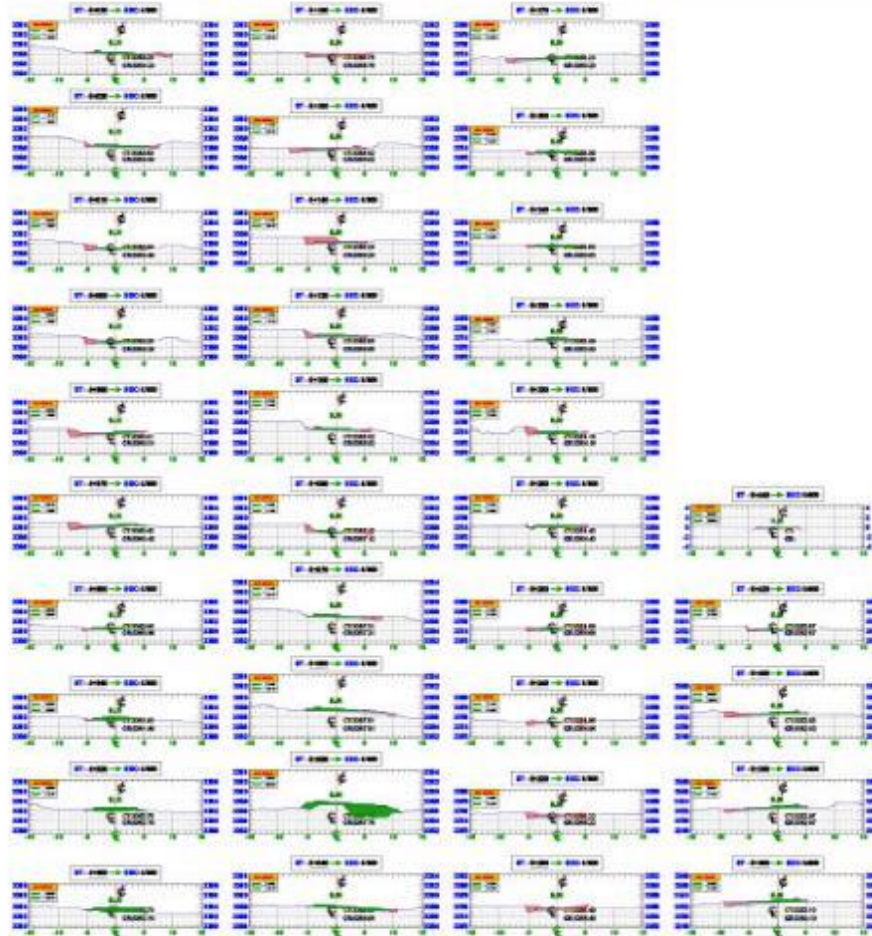
PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES KM: 4+360 - 4+880

PROYECTO: AREQUIPA

ESCALA: INDICADA

FECHA: 07/08/2018

LAMINA: ST-09



CUADRO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROGRESO A	AREA DE CORTE	AREA DE VOLLEDO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE VOLLEDO	ACUMULACION DE VOLUMEN DE CORTE	ACUMULACION DE VOLUMEN DE VOLLEDO	VOLUMEN NETO
4+000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+020	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+040	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+060	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+080	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+140	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+160	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+220	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+240	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+260	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+280	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+320	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+340	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+360	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+380	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+420	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+440	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS	PROYECTO: "TESIS DE PREGRADO" APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL - LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA, REGIÓN AREQUIBA	PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES KM 4+300 - 4+440	LAMINA: ST-10
	UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELAZQUEZ	DISEÑO Y DISEÑO: MATAQUE PUMA JAVIER	REVISÓ: AFRUETA:



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 30 - 05 - 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JAVIER MATAQUE PUMA

Dirección: ASENT. H. VILLA UNION ZN.A CM.6 MZ. A LT.2

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 46652978

Teléfono: 990616803 email: javiermataquepuma@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL

Asesor: Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE LOS DISTRITOS DE MADRIGAL – LARI DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA REGIÓN AREQUIPA

Palabras claves, (3 a 5 términos): Fotogrametría, Diseño geométrico, Carretera, Drone.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

Firma de Autor



huella digital

30 DE MAYO DEL 2025

Fecha