

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS
AEROFOTOGRAMETRICO REALIZADO CON EL DRON EBEE PLUS Y
TOPOGRÁFICO REALIZADO CON EL GPS DIFERENCIAL EN LA UNIVERSIDAD
NACIONAL HERMILIO VALDIZAN HUANUCO - 2019”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TESISTA:

BACH. CARLOS RODNY ALVARADO CALDERON

ASESOR:

ING. MAURO ANTONIO DOMINGUEZ MAGINO

Huánuco – Perú

2020

DEDICATORIA

A Dios, a mi madre, a mis
hermanos y compañera
quienes me brindaron su
apoyo incondicional en todo
momento y siempre creyeron
en mí.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía y compañero espiritual a lo largo de la carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mi madre, por los valores inculcados, y por brindarme una excelente educación en el transcurso de mi vida y, sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos y compañera, por ser parte de mi vida, por llenar mis días de alegría y amor cuando más lo necesito.

A mi abuela, que ya no se encuentra presencialmente en este mundo, pero las enseñanzas y apoyo que me brindo, están presentes en mi mente, y eso jamás será olvidado.

A la Universidad Nacional "Hermilio Valdizán" por todas las enseñanzas impartidas en mi formación académica y por haberme brindado todas las facilidades para la consecución de mi objetivo trazado.

Agradezco a mi asesor de tesis Ing. Mauro Antonio Domínguez Magino, por su tiempo, sugerencias, su paciencia, su orientación y motivación que han sido fundamentales en el desarrollo de esta tesis.

Al ingeniero Omar González Campos encargado del laboratorio de Geotecnia, Pavimentos y ensayos de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán; por la facilidad del uso y manejo del dron Ebee Plus para el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE

1.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA.....	29
1.1.1. ANTECEDENTES.....	29
1.1.2. FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA.....	30
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA	31
1.2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL.....	31
1.2.2. FORMULACIÓN DE LOS PROBLEMAS ESPECIFICOS	31
1.3. OBJETIVOS	32
1.3.1. OBJETIVO GENERAL:	32
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	32
1.4. UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA:.....	32
1.4.1. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO	32
1.4.2. DETERMINACIÓN DE LA POBLACION	33
1.4.3. SELECCIÓN DE LA MUESTRA	33
1.4.3.1. MUESTREO NO PROBABILÍSTICO.....	33
1.4.3.2. MUESTREO POR CONVENIENCIA.....	34
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	35
1.6. LIMITACIONES.....	36
1.7. REVISION DE ESTUDIOS REALIZADOS	36
1.7.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	36
1.7.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	40
1.7.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	43
1.8. CONCEPTOS FUNDAMENTALES.....	44
1.8.1. ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN	44
1.8.2. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO	44
1.8.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	45
1.8.4. EL DRON EBEE PLUS.....	47
1.8.5. GPS DIFERENCIAL	48
1.9. MARCO SITUACIONAL	49

1.10. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS COMPLEMENTARIOS.....	50
1.10.1. FOTOGRAMETRIA	50
1.10.2. SOFTWARE PIX4D MAPPER.....	51
1.10.3. CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	53
1.10.4. MODELO DIGITAL DEL TERRENO	54
1.10.5. PUNTOS DE CONTROL.....	55
1.10.6. EXACTITUD TOPOGRAFICO	56
1.11. HIPÓTESIS	56
1.11.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	56
1.11.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	56
1.12. SISTEMAS DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	57
1.12.1. VARIABLES INDEPENDIENTES:	57
1.12.2. VARIABLES DEPENDIENTES:.....	57
1.13. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES .	57
2.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	60
2.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	60
2.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	61
2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	62
2.3. MATRIZ DE CONSISTENCIA	63
2.3.1. FUENTES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	64
2.4. PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS	65
2.4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	65
2.4.2. FUENTES PRIMARIAS: PROGRAMA EXPERIMENTAL PROPUESTO	66
2.4.2.1. INTRODUCCION	66
2.4.2.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	67
2.5. PROCEDIMIENTO PARA EL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO	69
2.5.1. CONSIDERACIONES PREVIAS.....	71
2.5.1.1. OROGRAFÍA DEL TERRENO	71
2.5.1.2. PUNTO DE DESPEGUE Y ATERRIZAJE DEL DRON EBEE PLUS	72
2.5.2. PLANIFICACION DEL VUELO	74
2.5.2.1. ESCALA DE LA FOTOGRAFIA	76
2.5.2.2. GSD Y ALTURA DE VUELO	79
2.5.2.2.1. CONSIDERACIONES DEL GSD Y ALTURA DE VUELO	81
2.5.2.3. RECUBRIMIENTOS O TRASLAPES LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL	82
2.5.2.3.1. RECUBRIMIENTO LONGITUDINAL	84

2.5.2.3.2. RECUBRIMIENTO TRANSVERSAL.....	86
2.5.2.3.3. TIPOS DE PROYECTOS Y AJUSTES DEL TRASLAPÉ.....	87
2.5.3. PLAN DE VUELO CON EL SOFTWARE EMOTION 3	97
2.5.3.1. CREAR KML DEL AREA DE TRABAJO	99
2.5.3.2. CREACION DE UNA MISIÓN	100
2.5.3.3. MISIONES EN EMOTION 3 PARA PLANEACIÓN DE VUELOS	102
2.5.3.3.1. BRIENFLING O INSTRUCCIONES	102
2.5.3.3.2. DESPEGUE Y ATERRIZAJE.....	104
2.5.3.3.3. AÑADIR BLOQUES	105
2.5.3.3.4. PARAMETROS DE SEGURIDAD	109
2.5.3.4. GEOTIQUETADO DE IMAGENES	111
2.5.3.4.1. CREAR PROYECTO	111
2.5.3.4.2. REGISTROS.....	112
2.5.3.4.3. IMPORTAR IMAGENES	113
2.5.3.4.4. SELECCIONAR OUTPUTS.....	115
2.5.4. APOYO TOPOGRAFICO DE VUELO.....	116
2.5.4.1. PUNTOS DE CONTROL (GCP)	117
2.5.4.2. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE APOYO.....	119
2.5.4.3. SEÑALIZACION DE LOS PUNTOS DE APOYO	120
2.5.4.4. COLOCACION DE LOS PUNTOS DE CONTROL	124
2.5.4.4.1. RESUMEN DE PUNTOS DE CONTROL	125
2.5.5. EJECUCION DE VUELO	125
2.5.5.1. DRON EBEE PLUS	125
2.5.5.2. MISIONES DEL DRON EBEE PLUS.....	129
2.5.5.2.1. MISION DEL DRON N° 01 UNHEVAL R=3.0.....	130
2.5.5.2.2. MISION DEL DRON N° 02 UNHEVAL R=3.5.....	132
2.5.5.2.3. MISION DEL DRON N° 03 UNHEVAL R=4.0.....	134
2.6. PROCESAMIENTO PARA EL LEVANTAMIENTO GEODESICO	136
2.6.1. GENERALIDADES SOBRE LOS SATELITES	136
2.6.2. SISTEMAS DE REFERENCIAS GPS (WGS84) Y SISTEMAS.....	137
2.6.3. GPS DE DOBLE FRECUENCIA	138
2.6.4. POSICIONAMIENTO GPS	139
2.6.4.1. POSICIONAMIENTO ABSOLUTO	139
2.6.4.2. POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL	140
2.6.5. METODOS Y APLICACIONES	140
2.6.5.1. METODO ESTATICO	140
2.6.5.2. METODO CINEMATICO	141
2.6.6. LEVANTAMIENTO GEODESICO DE LOS PUNTOS DE CONTROL.....	142
2.6.6.1. GPS DIFERENCIAL TRIMBLE R8	143
2.6.6.1.1. ESPECIFICACIONES DE FABRICACION DEL INSTRUMENTO	143
2.6.7. LEVANTAMIENTO GEODESICO DEL EJE DE LA VIA.....	147

2.7. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES	150
2.7.1. PIX4D MAPPER.....	151
2.7.1.1. VERSIONES DEL SOFTWARE.....	153
2.7.1.2. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	154
2.7.2. PROYECTO DE VUELO CON EL DRON EBEE PLUS	154
2.7.2.1. CREACION DEL PROYECTO EN EL PIX4D MAPPER	155
2.7.2.1.1. CONFIGURACIONES DE LAS OPCIONES DE PRECASAMIETO	158
2.7.2.1.1.1. PROCESAMIENTO INICIAL.....	159
2.7.2.1.1.2. NUBE DE PUNTOS Y MALLA	162
2.7.2.1.1.3. DSM, ORTOMOSAICO E ÍNDICES	165
2.7.2.1.2. PROCESAMIENTO EN PIX4D MAPPER	169
2.7.2.1.2.1. PROCESAMIENTO INICIAL.....	169
2.7.2.1.2.2. NUBE DE PUNTOS Y MALLA.....	185
2.7.2.1.2.3. DSM, ORTOMOSAICO E INDICES	187
2.7.2.1.2.4. ARCHIVOS DE SALIDA.....	188
2.8. RESUMEN DEL POST PROCESO EN EL PIX4D	192
3.1. RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO DE LOS PUNTOS DE CONTROL	195
3.2. RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL EJE DE LA VIA.....	196
3.3. RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON GSD 3.0198	
3.3.1. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 05 PUNTOS DE CONTROL	198
3.3.2. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 06 PUNTOS DE CONTROL	200
3.3.3. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 07 PUNTOS DE CONTROL	201
3.3.4. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 08 PUNTOS DE CONTROL	203
3.3.5. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 09 PUNTOS DE CONTROL	205
3.4. RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON GSD 3.5207	
3.4.1. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 05 PUNTOS DE CONTROL	207
3.4.2. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 06 PUNTOS DE CONTROL	209
3.4.3. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 07 PUNTOS DE CONTROL	210

3.4.4. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 08 PUNTOS DE CONTROL	212
3.4.5. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 09 PUNTOS DE CONTROL	214
3.5. RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON GSD 4.0	216
3.5.1. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 05 PUNTOS DE CONTROL	216
3.5.2. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 06 PUNTOS DE CONTROL	218
3.5.3. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 07 PUNTOS DE CONTROL	219
3.5.4. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 08 PUNTOS DE CONTROL	221
3.5.5. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 09 PUNTOS DE CONTROL	223
3.6. COMPARACION ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICO CON RESOLUCION ESPACIAL GSD 3.0	225
3.6.1. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.0 Y 05 PUNTOS DE CONTROL.....	226
3.6.2. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.0 Y 06 PUNTOS DE CONTROL.....	230
3.6.3. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.0 Y 07 PUNTOS DE CONTROL.....	234
3.6.4. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.0 Y 08 PUNTOS DE CONTROL.....	238
3.6.5. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.0 Y 09 PUNTOS DE CONTROL.....	242
3.7. COMPARACION ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICO CON RESOLUCION ESPACIAL GSD 3.5	246
3.7.1. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.5 Y 05 PUNTOS DE CONTROL.....	246

3.7.2. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAFOMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.5 Y 06 PUNTOS DE CONTROL.....	250
3.7.3. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAFOMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.5 Y 07 PUNTOS DE CONTROL.....	254
3.7.4. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAFOMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.5 Y 08 PUNTOS DE CONTROL.....	258
3.7.5. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAFOMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.5 Y 09 PUNTOS DE CONTROL.....	262
3.8. COMPARACION ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAFOMETRICO CON RESOLUCION ESPACIAL GSD 4.0	266
3.8.1. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAFOMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 4.0 Y 05 PUNTOS DE CONTROL.....	266
3.8.2. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAFOMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 4.0 Y 06 PUNTOS DE CONTROL.....	270
3.8.3. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAFOMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 4.0 Y 07 PUNTOS DE CONTROL.....	274
3.8.4. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAFOMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 4.0 Y 08 PUNTOS DE CONTROL.....	278
3.8.5. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAFOMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 4.0 Y 09 PUNTOS DE CONTROL.....	282
3.9. CALCULO DE LA CONFIABILIDAD DE LOS LEVANTAMIENTOS AEROFOTRGRAMETRICO	286
3.9.1. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=3 (ESTE)....	286
3.9.2. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=3 (NORTE)	288
3.9.3. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=3 (ELEVACION)	290
3.9.4. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=3.5 (ESTE)	292
3.9.5. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=3.5 (NORTE)	294
3.9.6. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=3.5 (ELEVACION)	296

3.9.7. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=4.0 (ESTE)	298
3.9.8. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=4.0 (ELEVACION)	300
3.9.9. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=4.0 (NORTE)	302
CONCLUSIONES	305
RECOMENDACIONES	309
LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	310
BLIBIOGRAFIA	311
ANEXOS	313

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables, Indicadores y Dimensiones	58
Tabla 2: Esquema de la Investigación	62
Tabla 3: Vuelo en terreno con variaciones de elevación	83
Tabla 4: Características de la cámara S.O.D.A.....	129
Tabla 5: Cronograma de ejecución de las misiones de vuelo del proyecto.....	130
Tabla 6: Coordenadas de los 09 puntos de control en la Unheval	147
Tabla 7: Resultados del levantamiento geodésico del eje de la vía de la Unheval	148
Tabla 8: Resumen de procedimientos en el software Pix4D	193
Tabla 9: Resultados del levantamiento geodésico del eje de la vía de la Unheval	196
Tabla 10: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 y con el apoyo de 05 puntos de control.....	198
Tabla 11: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 y con el apoyo de 06 puntos de control.....	200
Tabla 12: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 y con el apoyo de 07 puntos de control.....	201
Tabla 13: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 y con el apoyo de 08 puntos de control.....	203
Tabla 14: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 y con el apoyo de 09 puntos de control.....	205
Tabla 15: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 y con el apoyo de 05 puntos de control.....	207
Tabla 16: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 y con el apoyo de 06 puntos de control.....	209
Tabla 17: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 y con el apoyo de 07 puntos de control.....	210
Tabla 18: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 y con el apoyo de 08 puntos de control.....	212

Tabla 19: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 y con el apoyo de 09 puntos de control.....	214
Tabla 20: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 y con el apoyo de 05 puntos de control.....	216
Tabla 21: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 y con el apoyo de 06 puntos de control.....	218
Tabla 22: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 y con el apoyo de 07 puntos de control.....	219
Tabla 23: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 y con el apoyo de 08 puntos de control.....	221
Tabla 24: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 y con el apoyo de 09 puntos de control.....	223
Tabla 25: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control	226
Tabla 26: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control	230
Tabla 27: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control	234
Tabla 28: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control	238
Tabla 29: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control	242
Tabla 30: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control	246
Tabla 31: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control	250
Tabla 32: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control	254
Tabla 33: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control	258

Tabla 34: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control	262
Tabla 35: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control	266
Tabla 36: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control	270
Tabla 37: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control	274
Tabla 38: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control	278
Tabla 39: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control	282
Tabla 40: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial $r=3.00$ (este)	286
Tabla 41: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial $r=3.00$ (norte).....	288
Tabla 42: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial $r=3.00$ (elevación).....	290
Tabla 43: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial $r=3.50$ (este)	292
Tabla 44: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial $r=3.50$ (norte).....	294
Tabla 45: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial $r=3.50$ (elevación).....	296
Tabla 46: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial $r=4.00$ (este)	298
Tabla 47: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial $r=4.00$ (elevación).....	300
Tabla 48: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial $r=4.00$ (norte).....	302

Tabla 49: Tabla de rangos de las confiabilidades	304
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zona de despegue y aterrizaje del dron	73
Figura 2: Factores que definen un vuelo fotogramétrico; 1er Nivel: Limitantes de los drones; 2do Nivel: Factores que definen un plan de vuelo; 3er Nivel: Plan de Vuelo.....	75
Figura 3: Relación entre escala fotográfica y cartográfica	77
Figura 4: Calculo de la Altura de Vuelo	79
Figura 5: Vuelo en terreno con variaciones de elevación	82
Figura 6: Solape Longitudinal y Transversal – (Izq) Vista en elevación de vuelo. (Der) Proyección de dos pasadas con traslape Longitudinal y Transversal.....	84
Figura 7: Recubrimiento Longitudinal en tomas consecutivas. (Izq) Toma fotográfica de un modelo. (Der) Superficie cubierta por una fotografía	84
Figura 8: Variaciones en el Traslape entre pares estereoscópicos	85
Figura 9: Patrón de vuelo fotogramétrico tradicional	89
Figura 10: Patrón de vuelo fotogramétrico circular	91
Figura 11: Patrón de vuelo propuesto para corredores. (a) Patrón de vuelo de dos líneas. (b) Patrón de vuelo de una sola pasada	93
Figura 12: Traslape entre misiones múltiples. (a) Suficiente traslape entre vuelos. (b) Traslape insuficiente entre vuelos	93
Figura 13: Plan de vuelo de rejilla doble.....	95
Figura 14: Plan de vuelo circular aplicado a elementos verticales altos	97
Figura 15: Software eMotion 3 de Sensefly	98
Figura 16: Área de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan en archivo KML.	100
Figura 17: Inicio del software Emotion 3.....	100
Figura 18: Selección del dron Ebee Plus.....	101
Figura 19: Selección del nombre del proyecto con el que identificaremos le vuelo.	101
Figura 20: Selección de la cámara del dron con la que se realizara el vuelo.	102
Figura 21: Pestañas disponibles del módulo Misión.	102
Figura 22: Pestañas Berinfig	104

Figura 23: Agregar puntos de Inicio y Aterrizaje	105
Figura 24: Ventana de creación de bloque para el plan de vuelo	105
Figura 25: Modificación del bloque	106
Figura 26: Configuración del bloque	107
Figura 27: Parámetros de Seguridad	110
Figura 28: Crear carpeta de proyecto	112
Figura 29: Ventana de registro de vuelo	113
Figura 30: Ventana de importación de imágenes	114
Figura 31: Resumen de imágenes cargadas	114
Figura 32: Ventana de salida de datos Outputs	116
Figura 33: Distribución de los puntos de control en la zona de estudio	120
Figura 34: Dron Ebee Plus de Sensefly	128
Figura 35: GPS de doble frecuencia de código y fase	139
Figura 36: Triangulación por método estático	141
Figura 37: Tipos de cámaras soportados por el software Pix4D	151
Figura 38: Pantalla de bienvenida del software Pix4D Mapper	153
Figura 39: Asistente de creación de proyectos de Pix4D Mapper	155
Figura 40: Selección de imágenes agregadas al proyecto	156
Figura 41: Propiedades de imágenes del nuevo proyecto	157
Figura 42: Plantillas de opciones de procesamiento en Pix4D Mapper.	158
Figura 43: Visualización inicial de las imágenes georreferenciadas	158
Figura 44: Configuración general de las opciones del procesamiento inicial	160
Figura 45: Configuración de las opciones de emparejamiento	161
Figura 46: Configuración de las opciones de procesamiento de la nube de puntos	162
Figura 47: Configuración de las opciones de creación de malla 3D.	164
Figura 48: Configuración de las opciones de procesamiento de la nube de puntos	165
Figura 49: Configuración del MDS Y ortomosaico	168
Figura 50: Configuración de resultados adicionales del paso 3	168
Figura 51: Gestor de GCP/MTP	170
Figura 52: Puntos importados en el gestor de GCP/MTP antes de ser marcados	173

Figura 53: marcado de GCP en el rayCloud	173
Figura 54: Editor de GCP/MTP básico.....	174
Figura 55: Vista parcial del reporte de calidad (reporte completo en Anexo c).....	180
Figura 56: Visualización de la nube de puntos densificada	186
Figura 57: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control.....	229
Figura 58: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control.....	229
Figura 59: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control.....	229
Figura 60: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control.....	233
Figura 61: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control.....	233
Figura 62: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control.....	233
Figura 63: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control.....	237
Figura 64: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control.....	237

Figura 65: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control.....	237
Figura 66: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control.....	241
Figura 67: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control.....	241
Figura 68: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control.....	241
Figura 69: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control.....	245
Figura 70: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control.....	245
Figura 71: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control.....	245
Figura 72: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control.....	249
Figura 73: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control.....	249
Figura 74: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control.....	249

Figura 75: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control.....	253
Figura 76: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control.....	253
Figura 77: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control.....	253
Figura 78: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control.....	257
Figura 79: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control.....	257
Figura 80: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control.....	257
Figura 81: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control.....	261
Figura 82: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control.....	261
Figura 83: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control.....	261
Figura 84: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control.....	265

Figura 85: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control.....	265
Figura 86: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control.....	265
Figura 87: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control.....	269
Figura 88: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control.....	269
Figura 89: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control.....	269
Figura 90: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control.....	273
Figura 91: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control.....	273
Figura 92: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control.....	273
Figura 93: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control.....	277
Figura 94: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control.....	277

Figura 95: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control.....	277
Figura 96: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control.....	281
Figura 97: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control.....	281
Figura 98: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control.....	281
Figura 99: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control.....	285
Figura 100: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control.....	285
Figura 101: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control.....	285

ÍNDICE DE FOTOS

Fotografía 1: Punto de control de concreto simple	121
Fotografía 2: Punto de control de concreto simple en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan	121
Fotografía 3: Pintado de los puntos de control para mejorar visibilidad	122
Fotografía 4: Elaboración de las lianas rectangulares para agrandar la visualización de los puntos de control.	123
Fotografía 5: Mejoramiento de los puntos de control con la ayuda de las lianas rectangulares para agrandar la visualización aérea.	123
Fotografía 6: Primera misión del dron Ebee Plus en el campus de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.....	131
Fotografía 7: Despegue del dron Ebee Plus en la Misión 01	131
Fotografía 8: Segunda misión del dron Ebee Plus en el campus de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.....	133
Fotografía 9: Despegue del dron Ebee Plus en la Misión 02	133
Fotografía 10: Tercera misión del dron Ebee Plus en el campus de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.....	135
Fotografía 11: Equipo técnico del laboratorio de la Unheval con el aterrizaje de dron Ebee Plus en la Misión 03	135
Fotografía 12: Levantamiento Geodésico de los puntos de control.....	144
Fotografía 13: Levantamiento Geodésico al costado de la piscina de la Unheval.....	144
Fotografía 14: Levantamiento Geodésico al costado de la facultad de Medicina	145
Fotografía 15: Levantamiento Geodésico al costado las losas deportivas	145
Fotografía 16: Levantamiento Geodésico ingreso de vehículos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.....	146
Fotografía 17: Levantamiento Geodésico punto ubicado a exteriores de la Biblioteca de la Unheval	146
Fotografía 18: Levantamiento geodésico cinemático de la vía de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.....	148

INTRODUCCIÓN

El ejercicio de la topografía, es reconocida mundialmente por ser parte importante de la ingeniería, no podemos pensar en un gran proyecto, mediano o pequeño sin pensar en el papel que juega la topografía en este campo, todo se basa en medidas y son estas las que hacen posible y tangible la realización de un proyecto. En ese sentido, los instrumentos que se utilicen para la obtención de la información de campo, deben ser lo más confiables posibles, ya que un elevado margen de error durante la etapa de levantamiento topográfico conlleva a un mal cálculo en la etapa del desarrollo del proyecto (gabinete), y, por ende, se obtienen resultados con muchas deficiencias.

En la década de 1960 el sistema de navegación terrestre, se convirtió en el primer sistema mundial de radio de navegación, y desde esa época se vino desarrollando constantemente, hace ya varios años, en la rama de la topografía, se viene utilizando el GPS diferencial (differential global positioning system), que es un instrumento topográfico de mucha precisión.

Actualmente, los últimos avances tecnológicos, permiten contar con nuevas herramientas que se pueden poner al servicio de la ingeniería y en especial en el campo de la topografía, es por ello que con la ayuda de la aerofotogrametría con el uso de los Drones (UAV) o Vehículo Aéreo no Tripulados, la topografía ha alcanzado altos niveles de precisión y exactitud, además estos drones cuentan con un GPS incorporado para su orientación y están compuestos de un sensor óptico de alta velocidad y un lente que puede estimar la distancia al suelo con alta precisión y los resultados se obtienen en ortofotos en 3D.

Hoy en día el uso de los drones está alcanzando grandes niveles de aceptación para realizar levantamientos Aerofotogramétrico tales como: catastrales, forestales, viales, eléctricos, agricultura, desastres naturales, etc., por ser prácticos, livianos y de fácil disponibilidad.

En varios países el uso de los drones está regulado por el estado, países como Argentina, Colombia, Chile, se necesita permisos especiales para realizar el vuelo. En Perú aún no están reglamentados los procedimientos para su uso, aunque ya existen proyectos en el estado para su futura aprobación.

La visión de la presente investigación es ser una guía de información importante para las futuras investigaciones dentro de nuestra región y país, asimismo generar nuevas líneas de investigación referentes a los Levantamientos Aerofotogrametricos y la fotogrametría, aplicados a en la ingeniería civil, arquitectura y profesiones afines.

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo con el objetivo de determinar la precisión del levantamiento aerofotogramétrico realizado con el dron Ebee Plus, mediante la ayuda de los puntos de control y compararlos con el levantamiento topográfico realizado con el GPS diferencial, también determinar la cantidad de puntos de control que se debe colocar a lo largo y ancho de área de trabajo, para tener una buena precisión y exactitud.

El primer procedimiento de la investigación se empezó con la recolección de información visual del terreno, y proceder con la ubicación de los puntos de control (benchmark) a lo largo y ancho del terreno a investigar, luego se continuo a diseñar el plan de vuelo para el dron con el software Emotion 3, posteriormente se realizó el levantamiento aerofotogramétrico con el dron Ebee Plus, esto se realizó mediante cámaras digitales que está incorporada en el dron, se utilizó una ficha técnica, para recolectar los datos de campo mediante el cada vuelo del dron Ebee Plus, con el cual posteriormente procesarlos mediante software.

El procesamiento de datos, es decir, la fotometría y modelo digital (ortofoto) se realizó con el software Pix4D, se obtuvieron los datos de Norte, Este y Elevación de todos los puntos del terreno, además, se realizó un levantamiento geodésico de los puntos de control con un GPS Diferencial, el cual nos ayudó al momento de procesar los datos en el programa Pix4D.

El segundo procedimiento fue realizar el levantamiento topográfico con el GPS diferencia con la técnica del RTK (Real Time Kinematic) o navegación cinética satelital en tiempo real, del terreno a investigar, con el cual también nos dio como resultado puntos topográficos, que incluyen el Norte, Este y Elevación.

PALABRAS CLAVES: Análisis de la precisión, levantamiento topográfico, dron Ebee

Plus, GPS diferencial.

SUMMARY

The present investigation was carried out with the objective of determining the precision of the aerial photogrammetric survey carried out with the Ebee Plus drone, using the control points and comparing them with the topographic survey carried out with the differential GPS, also determining the number of control points that should be placed across the length and width of the work area to have good precision and accuracy.

The first procedure of the investigation began with the collection of visual information of the terrain, and proceeded with the location of the control points (benchmarks) throughout the terrain to be investigated, then we continued to design the flight plan for the drone using the Emotion 3 software, subsequently the aerial photogrammetric survey was carried out with the Ebee Plus drone, this was done using digital cameras that are incorporated in the drone, a technical sheet was used to collect field data through each flight of the Ebee Plus drone, with which to later process them through the software.

The data processing, that is, the photometry and digital model (orthophoto) was carried out with the Pix4D software, the North, East and Elevation data of all the points of the land were obtained, in addition, a geodetic survey of the control points was carried out with a Differential GPS, which helped us when processing the data in the Pix4D program.

The second procedure was to carry out the topographic survey with the differential GPS using the RTK technique (Real Time Kinematic) of the terrain to be investigated, with which we also obtained topographic points, which include the North, East and Elevation.

KEY WORDS: Precision analysis, topographic survey, drone Ebee Plus, differenti

1. CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

1.3 OBJETIVOS

1.4 UNIVERSO, POBLACION Y MUESTRA

1.5 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

1.6 LIMITACIONES

1.7 REVISION DE ESTUDIOS REALIZADOS

1.8 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

1.9 MARCO SITUACIONAL

1.10 DEFINICION DE TERMINOS COMPLEMENTARIOS

1.11 HIPOTESIS

1.12 SISTEMA DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES.

1.13 DEFINICION OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

1.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA

1.1.1. ANTECEDENTES

Tradicionalmente, en la topografía siempre es indispensable la precisión, tanto en operaciones manuales como de cálculo es por ello que su evolución tanto en instrumentos y metodologías ha sido rápida en los últimos 20 años. Hasta los años 80 se usaron las brújulas taquimétricas, los teodolitos y los taquímetros casi exclusivamente. Estos instrumentos, junto con mediciones en elementos auxiliares como las miras, no permitían alcances largos, y la precisión en la estimación de distancias era baja. A principios de los años 80 surgen los distanciómetros, instrumentos auxiliares que se acoplaban a los taquímetros basados en la emisión y recepción de ondas electromagnéticas que se generaban en el propio instrumento y que medían la distancia con precisiones de cm y alcances de varios km. Al poco tiempo estos aparatos se compactaron en un único instrumento de medida angular (el teodolito o taquímetro) más el instrumento para medir distancias (distanciómetro), constituyendo las estaciones totales, que siguen vigentes para mediciones en ingeniería, que se ven limitadas de cierto modo a medida que el área de intervención sea mayor, la siguiente y la más profunda fue el GPS de tipo geodésico o topográfico, con aparatos y configuraciones mucho más precisas y sofisticadas.

Hoy en día los drones han alcanzado alto grado de aceptación en resultados, precisión y tiempo, que forman parte de la vanguardia en la Topografía.

1.1.2. FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA

Para realizar la ejecución de los diferentes tipos de obras civiles como carreteras, canales, edificación, redes de agua potable, alcantarillado, puentes, etc., se hace necesario realizar un levantamiento topográfico, que permita tener un concepto general de la morfología del terreno.

Este primer paso, también llamado “reconocimiento de campo” permitirá tener una idea de cuál es la forma del terreno donde se realizará la ejecución, además de conocer los puntos se generan las diferentes variaciones de altura, contornos, que presenta el suelo, entre otros.

En ese sentido, los instrumentos que se utilicen para la obtención de la información de campo, deben ser los más confiables posibles, ya que un elevado margen de error durante la etapa del levantamiento topográfico conlleva a un mal cálculo en la etapa del desarrollo del proyecto, y, por ende, el resultado sería la proyección de un expediente técnico con serias deficiencias, esto hace que se tengan que replantear los proyectos causando gastos innecesarios.

Actualmente, los últimos avances tecnológicos, permiten contar con nuevas herramientas que se puedan poner al servicio de la ingeniería y en especial en el campo de la topografía. Los drones, ya no son instrumentos de apoyo exclusivos al sector de las telecomunicaciones, sino también al sector de la construcción, ya sea en carreteras, edificaciones, saneamiento, etc. Debido a su reducido tamaño, versatilidad y manejo a distancia.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

1.2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL

- ¿Cómo se analiza los datos obtenidos entre los levantamientos aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus y topográfico realizado con el GPS diferencial en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, para comparar la precisión?

1.2.2. FORMULACIÓN DE LOS PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Cómo se define la cantidad necesaria de puntos de control dentro de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, para la confiabilidad entre los levantamientos aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus y el topográfico realizado con el GPS diferencial?
- ¿Cómo se determina la exactitud entre los levantamientos aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus y topográfico realizado con el GPS diferencial en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, en función a la cantidad de puntos de control?
- ¿Se puede generar una ortofoto con precisión y exactitud con el levantamiento aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL:

- Comparar el análisis de la precisión entre los levantamientos aerofotogramétrico realizado con el dron Ebee Plus y topográfico realizado con el GPS diferencial en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Definir la cantidad de puntos de control necesarios dentro de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán para la confiabilidad entre los levantamientos aerofotogramétrico realizado con el dron Ebee Plus y topográfico realizado con el GPS diferencial.
- Determinar la exactitud entre los levantamientos aerofotogramétrico realizado con el dron Ebee Plus y topográfico realizado con el GPS diferencial en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, en función a la cantidad de puntos de control.
- Generar una ortofoto con precisión y exactitud con el levantamiento aerofotogramétrico realizado con el dron Ebee Plus en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

1.4. UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA:

1.4.1. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO

El universo de la siguiente investigación está constituido por el campus universitario de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, la cual tiene un área de terreno aproximada de 170,000 m², el cual está ubicado en el distrito de Pillco Marca, Provincia de Huánuco, Departamento de Huánuco, situada en Perú.

1.4.2. DETERMINACIÓN DE LA POBLACION

La población de la siguiente investigación está delimitado por el acceso vial pavimentado con asfalto en caliente, de una calzada con dos carriles, la cual facilita el tránsito vehicular de los administrativos, docentes y alumnos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, el cual tiene una longitud de 1,167.89 metros, y este se encuentra ubicado dentro del campus universitario situado en el distrito de Pillco Marca, Provincia de Huánuco, Departamento de Huánuco, situada en Perú.

1.4.3. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

La muestra es un subgrupo o subconjunto que derivan de la población para determinar la técnica más apropiada en función del problema, las hipótesis y el diseño. La muestra en esta investigación es el eje de la vía, ya que se encuentra despejada, visiblemente fácil de distinguir desde el aire, en la que se reproduzca de la mejor manera los rasgos esenciales de dicho universo y población, que serán importantes para la investigación. Para que una muestra sea representativa, y por lo tanto útil, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas. El tipo de muestreo a utilizar será no probabilístico, en este caso se utilizará el Muestreo por Conveniencia.

1.4.3.1. MUESTREO NO PROBABILÍSTICO

El muestreo no probabilístico es una técnica de muestreo en el cual el investigador selecciona muestras basadas en un juicio subjetivo en lugar de hacer la selección al azar.

El muestreo no probabilístico se utiliza donde no es posible extraer un muestreo de probabilidad aleatorio debido a consideraciones de tiempo o costo. Comúnmente se lleva a cabo mediante métodos de observación, y se utiliza ampliamente en la investigación cualitativa.

1.4.3.2. MUESTREO POR CONVENIENCIA

El muestreo por conveniencia es una técnica de muestreo no probabilística donde las muestras de la población se seleccionan solo porque están convenientemente disponibles para el investigador. Estas muestras se seleccionan solo porque son fáciles de reclutar y porque el investigador no consideró seleccionar una muestra que represente a toda la población.

Idealmente, en la investigación, es bueno analizar muestras que representen a la población. Pero, en algunas investigaciones, la población es demasiado grande para evaluar y considerar a toda la población.

Esta es una de las razones por las que los investigadores confían en el muestreo por conveniencia, que es la técnica de muestreo no probabilística más común, debido a su velocidad, costo-efectividad y facilidad de disponibilidad de la muestra. En general se seleccionará el eje de la vía del pavimento flexible que se encuentra dentro de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan siguiendo determinados criterios, procurando en la medida de lo posible, que la muestra sea representativa (fotografías tomadas con el dron Ebee Plus).

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La evolución tecnológica por la que se atraviesa en la actualidad ha obligado a la investigación sobre innumerables innovaciones tecnológicas útiles para aplicarlas en el campo de la ingeniería, uno de estas son los vehículos aéreos no tripulados UAV (Unmanned Aerial Vehicle).

Gracias a la ciencia hoy por hoy los drones no solamente son usados en ámbitos militares, sino que también tienen aplicaciones civiles, puesto que gracias a las características que poseen obtienen acceso a lugares difíciles con condiciones extremas, además de esto su aplicación reduce costos de operación en grandes proyectos.

Se plantea el análisis de la precisión del levantamiento Aerofotogrametrico con el dron Ebee Plus con la incorporación de puntos de control. Se está adentrando al uso del dron como levantamiento Aerofotogrametrico, por la gran versatilidad, agilidad y su capacidad de toma de datos.

Metodológicamente está justificado por que se basa en métodos analíticos y estadísticos de acuerdo con los diversos autores de la investigación científica.

El punto de vista teórico se justifica, porque está basada en documentos, libros y otros estudios e informes relacionados al planteamiento del problema.

El proyecto mostrará un beneficio directo al personal de ingenieros y topógrafos, ayudándolos a determinar la precisión y el grado de confiabilidad de un levantamiento Aerofotogrametrico con el dron Ebee Plus y la comparación con el levantamiento topográfico realizado con el GPS diferencial mediante la incorporación de puntos de control a fin de

proponer alternativas en cuanto al empleo de estos equipos en las tareas de las construcciones civiles ya sea edificación, vial y/o saneamiento.

1.6. LIMITACIONES

Las limitaciones que presenta el presente trabajo de investigación son:

- **De tipos climatológicos en la zona de estudio**, esto conlleva a determinar y evaluar las diferentes condiciones como el viento, la humedad y temperatura para realizar un exitoso levantamiento Aerofotogramétrico y toma de datos con el dron Ebee Plus y para la toma de datos en los puntos de control.
- **En lo que concierne en el procesamiento de datos**, es un poco costoso la licencia del programa Pix4D, donde se procesa toda la información que nos brinda el dron Ebee Plus
- **No se cuenta con normativa o especificaciones bien detalladas**, que puedan regularizar la ejecución de vuelos fotogramétricos con vehículos aéreos no tripulados, por lo que el procedimiento de ejecución del vuelo será ejecutado de acuerdo a principios en diversas fuentes bibliográficos.
- **Delimitaciones:** La investigación tendrá como área de estudio el campus universitario de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán ubicada en el distrito de Pilco Marca, y el procesamiento de datos en sus laboratorios de topografía.

1.7. REVISION DE ESTUDIOS REALIZADOS

1.7.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Corredor Daza J. (2015): En su tesis presentada en la universidad militar Nueva Granada de Bogotá, Colombia, titulada “**Implementación de modelos de elevación**

obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tuluá – Rio Frio”, realizó un estudio con el objetivo de implementar modelos de elevación obtenidos mediante topográficas convencionales y topográficas con drones para el diseño geométrico de 12.62 Km. De una vía en rehabilitación en el departamento del Valle del Cauca en el Sector Tuluá – Rio Frio, realizando comparaciones de modelos digitales de topografía con dron y topografía convencional. Concluyendo las condiciones en el que se desarrolla el corredor vial son muy buenas; los levantamientos topográficos permiten ser utilizados en gran cantidad de proyectos de consultoría ya que economizan tiempo en la recolección de información, presentando alta precisión. En el diseño de vías se recomienda trabajar con las dos técnicas de captura en forma conjunta ya que la topografía convencional proporciona información más detallada lo que permite hacer una mejor descripción de obras, mientras la topografía con dron permite capturar una amplia zona del terreno con mayor precisión.

Que nos servirá para analizar la precisión de los datos obtenidos por el dron la cual nos detallará de forma más precisa las características del terreno que nosotros estamos analizando.

Coello A. y Ballesteros G. (2013): En su tesis presentada en la universidad Politécnica de Madrid, España, titulada: **“Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con topografía clásica”**, realizó una investigación con el objetivo general de realizar un estudio comparativo utilizando dos procedimientos diferentes para la obtención de mapas y modelos digitales del terreno, por un lado realizando un levantamiento de una

zona determinada mediante GPS y por otro lado mediante fotogrametría aérea utilizando un vehículo aéreo no tripulado, mediante un estudio comparativo entre levantamientos taquimétricos empleando equipos GNSS R10 de trimble y toma de datos mediante avión de ala fija UX5 de trimble para luego realizar la comparativa de los resultados obtenidos con el vuelo y los obtenidos del levantamiento taquimétrico.

Concluyendo que, desde el punto de vista de la fotogrametría, encontramos en los vehículos aéreos no tripulados una nueva solución para la captura de imágenes aéreas y generación de productos topográficos. La ampliación de su uso en aplicaciones civiles, la integración de los mismos o la puesta en marcha de aplicaciones y basadas en su uso sigue en pleno desarrollo.

Que nos ayudará en nuestra investigación a comparar resultados y así analizar de la precisión del levantamiento Aerofotogrametrico con el dron Ebee Plus y el levantamiento topográfico realizado con el GPS diferencial con la incorporación de puntos de control, la cual tendrá su procesamiento de datos en los laboratorios topográficos de la universidad nacional Hermilio Valdizán.

Villareal Moncayo J. (2015): En su trabajo de titulación en la Universidad Técnica Particular de Loja titulado: **“Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control”**, realizó una investigación con el objetivo general de realizar un análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de drones respecto a la densidad de puntos de control, tomando como sitio de prueba el campus

de la Universidad Técnica Particular de Loja, ubicada en la ciudad de Loja, provincia de Loja, al sur del Ecuador.

Entre las principales conclusiones obtuvo que usando UAVs la precisión de los levantamientos topográficos varía de acuerdo a la densidad y ubicación de los puntos de control y considerando la visibilidad en el terreno de estudio; el mínimo número de puntos de control para un levantamiento topográfico mediante UAV es de 3 GCP.

Nos pone de conocimiento la mínima cantidad de puntos de control para un levantamiento topográfico. Asimismo, supone que a medida que la densidad de puntos de control sea mayor, se obtendrán mejores resultados en cuestión de precisión.

Jiménez, Wilson y Prado, José (2017): En la investigación “**Análisis técnico comparativo entre los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría con vehículo aéreo no tripulado**”, tesis sustentada en la Escuela Politécnica Nacional. Tuvo como objetivo general emplear dos métodos topográficos, una de la forma tradicional y la otra con UVA de esta manera obtener toda la topografía del lugar de estudio y reflexión Latitud 0°, posteriormente comparar técnicas y encontrar las ventajas y sus desventajas, la veracidad y la calidad de los resultados en cada uno de los métodos. La metodología fue mediante el uso de la estación total y GPS para la recopilación de información y con el UAV Phantom 4 se tomó de fotografías aéreas para luego mediante el pos procesamiento de las fotos aéreas realizadas con el programa Agisoft Photoscan realizar la nube de puntos para finalmente completar los trabajos topográficos del método tradicional para la edición de las curvas de nivel en el AutoCAD civil 3D.

Se llegó a la conclusión: a) Al hacer la comparación técnica entre los métodos tradicionales y Aero fotogramétricos, se encontró una mayor diferencia de cotas en lugares donde existe una vegetación muy tupida. b) Los mejores resultados se hallan en lugares sin vegetación, logrando una precisión alta y un gran detalle, incluso mayores que en algunos lugares levantados por métodos tradicionales debido a la gran densidad de nube de puntos que genera la aerofotogrametría. A través de esta investigación se evidencia que el levantamiento topográfico usando un vehículo aéreo no tripulado logra precisiones altas en zona llanas por la toma de fotografías aéreas que genera una gran densidad de nube de puntos muchas veces superando al método tradicional.

Nos ayuda en conocer que la menor presencia de vegetación dentro de un área de intervención y que por ende genere una gran cantidad de puntos, los resultados logran ser mucho más precisas.

1.7.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Sánchez, Irvin (2017): En la investigación “**Determinar el grado de confiabilidad del levanto topográfico con dron en la Plaza San Luis-2017**” tesis sustentada en la Universidad César Vallejo cuyo objetivo general fue determinar el grado de confiabilidad de un levantamiento topográfico con Dron en la Plaza Mayor de San Luis. Su metodología fue una investigación cuantitativa, de diseño no experimental y descriptivo.

Concluyó lo siguiente: a) Se estipuló que en un levantamiento topográfico usando dron, el grado de confiabilidad están basados en la precisión y exactitud de los trabajos. b) Se determinó los datos Norte, Este y Cota de todos los puntos que se levantaron incluidos

los puntos de control, además se realizó un levantamiento topográfico con estación total de los mismos puntos, en el cual se evaluó a través de fórmulas y se realizó la respectiva comparación de acuerdo a las tolerancias para levantamiento topográficos, concluyendo que es confiable.

Por ello, la investigación determinó muchos factores para lograr obtener la confiabilidad a través de la precisión como también de la exactitud en la toma de datos a registrar, basándose en los criterios y procedimientos topográficos.

Con la cual nos ayudara a tener en consideración en lo que refiere a precisión y exactitud para poder obtener mejores resultados en el levantamiento aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus.

Ayala Valdivia, Mak R. (2018): En su tesis presentada en la Universidad Privada de Trujillo, Trujillo, Perú, titulada “**Evaluación de levantamientos topográficos con drone (DJI Phantom 4 Pro) y estación total, Quebrada Señor de Quinuapata del Distrito de Ayacucho, Perú 2018**”, el motivo de la presente tesis, el cual se dedica a la comprobación y verificación de los levantamientos topográficos con sistemas tradicionales ampliamente conocidos (estación total), versus un nuevo y mejorado equipo, como es el drone DJI Phantom 4 pro, versión nueva en el mercado, con una mayor tecnología en su cámara, con lente más potente de mayor capacidades en pixeles, mejor obturador; y lo mismo pasa en sus demás componentes del mencionado drone; a la vez también se compara con trabajos de investigación de drones antecesor al actual, tanto nacional como internacional.

Concluyendo que sus resultados son favorables y fiables para esta nueva tecnología en los casos de levantamientos topográficos, a pesar de que algunos equipos son de menores capacidades en sus diferentes componentes y sistemas en comparación al actual. En el presente trabajo de investigación, se obtiene un 95% de confianza estadística.

Con el cual esta tesis nos ayudará a tener en consideración las diferentes características de un dron para su mejor funcionamiento en lo que respecta a la toma de datos de campo.

Tacca H. (2015): En su tesis presentada en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, titulada **“Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional”** realizó una investigación con el objetivo general de comparar los resultados del método dron y del software Pix4D Mapper, y el método directo, mediante un estudio comparativo en el que se empleó la toma de datos con una estación total Leica TS 02 de 5ll, de todos los puntos resaltantes tales como desniveles y cambios de pendiente de la excavación así como del acopio del material tipo núcleo, así como las tomas fotográficas aéreas, mediante el apoyo del dron Phantom 2 Visión.

Entre las principales conclusiones obtuvo que los datos obtenidos en campo tomados con el dron Phantom 2 Visión + y las medidas obtenidas con la estación total, ambos equipos georreferenciados, tienen resultados muy similares, sin embargo el primer método es el menos costoso por su versatilidad esto con un 95% de confianza; los cálculos de volúmenes y excavaciones con el uso de la fotogrametría y el dron Phantom

2 Visión +, se realiza en menor tiempo que con la estación total, además se requiere mucho menos personal que el método clásico.

Con el cual esta tesis nos ayudará a tener en consideración que un levantamiento topográfico realizado con Drones nos da el de un 95% de confiabilidad respecto al método directo.

1.7.3. ANTECEDENTES LOCALES

Olortegui Borja, Manuel y Sotelo de la torre, Chistrian (2016): En su tesis presentada en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú, titulada “**Levantamiento Aerofotogrametrico, efectos e importancia para sus aplicaciones en el sector urbano de las Moras – Huánuco 2016**” en la presente tesis se muestra una forma adecuada de planificación de vuelo para una zona urbana, calculando parámetros de vuelo que se ajustan a la realidad para realizar un levantamiento Aerofotogrametrico, asimismo obtener los resultados directos de realizar el procesamiento fotogramétrico de imágenes digitales para la obtención de ortofotos, nube de puntos y modelos digitales.

Concluyendo los resultados del levantamiento Aerofotogrametrico de las muestras, que son imágenes fotogramétricas tomadas con el dron Phantom 4 y coordenadas de los puntos de control en la cual se obtuvo ortofotografías y nubes de puntos densas, modelos digitales de calidad alta y exactitud considerable el cual puede ser utilizado como tanto para la verificación del avance como para los resultados finales.

Con la cual esta tesis nos ayudará en el empleo adecuado de una planificación de vuelo, ya que es un proceso muy importante en el inicio de la toma de datos fotogramétricos.

1.8. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

1.8.1. ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN

El análisis de la precisión se refiere al análisis de la dispersión del conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud. Cuanto menor es la dispersión mayor la precisión. Una medida común de la variabilidad es la desviación estándar de las mediciones y la precisión se puede estimar como una función de ella. Es importante resaltar que la automatización de diferentes pruebas o técnicas puede producir un aumento de la precisión.

Esto se debe a que, con dicha automatización, lo que logramos es una disminución de los errores manuales o su corrección inmediata. No hay que confundir resolución con precisión.

La precisión se refiere a lo cerca que los valores medidos están unos de otros entre medidas repetidas, si la diferencia entre las medidas es mucha la medición será poco precisa. En general se usa el desvió estándar como indicador de precisión.

También es la concordancia de diferentes resultados realizado a un mismo objeto, el cual es afectado por condiciones medioambientales durante el proceso de medida.

1.8.2. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO

Se define que la aerofotogrametría es la ciencia que permite obtener y/o realizar medidas correctas basándose en las fotografías aéreas, con el fin de determinar todas las características métricas y geométricas de los objetos fotografiados, esto se realiza desde un objeto volador ya sea piloteado manualmente o por radio control.

La aerofotogrametría permite realizar mediciones precisas usando fotografías, a pesar de que presenta una gama de aplicaciones en diferentes campos y ramas de la ciencia, tales como la topografía, la astronomía, la medicina, la meteorología y muchos otros, tiene su principal aplicación en la cartografía topográfica.

Esta ciencia no nace de la noche a la mañana gracias al descubrimiento de una novedad científica o un desarrollo tecnológico, si bien hay que agradecer gran parte del avance de la aerofotogrametría al invento de la fotografía se puede empezar a hablar de dar uso técnico a dichas imágenes fotográficas.

La posibilidad actual de obtener y cargar imágenes a un ordenador (desde una cámara digital de bolsillo o desde un satélite) y la flexibilización de las plataformas informáticas (tanto en hardware como en software), hacen que hablemos hoy en día de proyectos aerofotogramétrico inimaginables hace algunas décadas. En medio de todo se encuentra la ciencia sumida en una vertiginosa carrera hacia el conocimiento, todo esto con la gran ayuda de Internet como medio de dinamización y flexibilización de las comunicaciones.

Es fundamental antes de comenzar a tomar las imágenes que nos centremos en terreno u objeto que pretendemos abarcar y realizar una lista de requerimientos previos. Independientemente de lo complejo o sencillo que sea la orografía del terreno.

1.8.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se define como levantamiento topográfico al conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica o plano. Este plano resulta esencial, para situar correctamente

cualquier obra que se desee llevar a cabo, así como para elaborar cualquier proyecto técnico ya sea en el sistema de edificaciones, carreteras y saneamiento.

Si se desea conocer la posición de puntos en el área de interés, es necesario determinar su ubicación mediante tres coordenadas que son este, norte y elevación o cota. Para realizar levantamientos topográficos se necesitan varios instrumentos, como el nivel topográfico, la estación total, GPS diferencial y drones.

El levantamiento topográfico es el punto de partida para poder realizar toda una serie de etapas básicas dentro de la identificación y señalamiento del terreno a edificar, como levantamiento de planos (planimétricos y altimétricos), replanteo de planos, deslindes, amojonamientos y demás.

La topografía desempeña un papel sumamente importante en muchas ramas de la ingeniería, por ejemplo, los levantamientos topográficos son indispensables para planear, construir y mantener carreteras, sistemas viales de tránsito, edificios, puentes, base de lanzamiento de cohetes y estaciones astronáuticas, estaciones de rastreo, túneles, canales, presas, obras de drenaje, fraccionamiento de terrenos urbanos, sistemas de aprovisionamiento de agua potable y eliminación de aguas negras, tuberías y tiros de minas, los métodos topográficos se emplean comúnmente en las instalaciones de líneas de ensamble industrial y otros dispositivos de fabricación, para el armado y montaje de equipo y maquinaria de gran tamaño, para determinar el control de la aerofotogrametría, y en muchas actividades relacionadas con la agronomía la arqueología, la geografía, la geodesia, la arquitectura del paisaje, la meteorología, pero sobre todo en la ingeniería civil, etcétera.

1.8.4. EL DRON EBEE PLUS

El dron no tripulado, se define como un vehículo sin tripulación reutilizable, teniendo la capacidad de mantener un mismo nivel de vuelo controlado y sostenido, que es propulsado por un motor de explosión o de reacción, son usados en aplicaciones militares y también de uso civil.

En pocos años los drones han revolucionado el sector audiovisual, tal es así que habría sido imposible capturar imágenes con métodos tradicionales, análogamente ha demostrado ser un gran auxiliar en topografía. Un dron topográfico estándar tiene la capacidad de cubrir durante un día 100 hectáreas de terreno, sin embargo, existen drones más avanzados que pueden cubrir sin problemas hasta 5000 hectáreas diarias.

El Ebee Plus es un sistema de mapeo fotogramétrico de amplia cobertura con capacidad de actualización RTK/PPK bajo demanda, para obtener precisión topográfica en las mediciones, puede adquirir más kilómetros cuadrados por vuelo que cualquier dron en su categoría de peso, lo que le permite maximizar la eficiencia de sus proyectos y planificar con más confianza.

Su peso ligero y su lanzamiento a mano convierten a Ebee Plus en una herramienta eficiente para la adquisición de datos. Su tiempo de vuelo es de 59 minutos con cualquier cámara, prácticamente en cualquier altitud y en condiciones de viento diferentes. El resultado es menos tiempo dedicado a la planificación del vuelo y al cambio de baterías, y más tiempo en la adquisición exacta de los datos geoespaciales que necesita.

1.8.5. GPS DIFERENCIAL

El Sistema de Posicionamiento Global (en inglés, GPS; Global Positioning System), y originalmente Navstar GPS, es un sistema que permite determinar en toda la Tierra la posición de cualquier objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros, si se utiliza GPS diferencial, aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión. El sistema fue desarrollado, instalado y empleado por el Departamento de Defensa de los EE. UU.

Para determinar las posiciones en el globo, el sistema GPS se sirve de 3 o más satélites y utiliza la trilateración. En la práctica, normalmente son necesarios 4 o más satélites para determinar la posición con cierta precisión.

El GPS funciona mediante una red de como mínimo 24 satélites en órbita sobre el planeta Tierra, a 20 180 km de altura, con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra. Cuando se desea determinar la posición tridimensional, el receptor que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo cuatro satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la identificación y hora del reloj de cada uno de ellos, además de información sobre la constelación. Con base en estas señales, el aparato sincroniza el reloj del GPS y calcula el tiempo que tardan en llegar las señales al equipo, y de tal modo mide la distancia al satélite mediante el método de trilateración inversa, el cual se basa en determinar la distancia de cada satélite al punto de medición.

1.9. MARCO SITUACIONAL

En nuestro medio, los estudios topográficos son importante para indicar el relieve del terreno en cualquier tipo de proyecto, sin embargo, el uso de las maquinas topográficas varían desde nivel topográfico, teodolitos electrónicos, estaciones totales y GPS diferencial, esto en su gran mayoría de proyectos, tenemos que tener en cuenta que los trabajos topográficos erróneos nos conllevaran a estudios definitivos como los expedientes técnicos con muchas deficiencias.

Por otro lado, los trabajos topográficos con drones en esta ciudad no son muy comunes, ya que no confían mucho en su eficacia, es por eso el que se realizara este trabajo de investigación.

Se ha demostrado en investigaciones realizadas, que los levantamientos topográficos con drones pueden salir exactos si lo realizamos de la manera correcta, es decir realizando un buen plan de vuelo, teniendo en cuenta los efectos climatológicos para un buen desarrollo de la toma de datos (imágenes), el uso de estos aviones no tripulados es realmente sencillos porque se complementan con la ayuda los programas, tanto desde el plan de vuelo y el post proceso.

Por ello, esta investigación tiene como objetivo analizar la precisión entre los levantamientos aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus y el levantamiento topográfico realizado con el GPS diferencial, con la incorporación de puntos de control en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

1.10. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS COMPLEMENTARIOS

1.10.1. FOTOGRAMETRIA

Es la ciencia que a partir de las fotografías tomadas al terreno se podrá conseguir una aproximación de la forma del terreno y sus detalles, el cual se divide en 2 ramas, una que es la fotogrametría aérea y terrestre. A su vez se define como el conjunto de procesos y métodos para deducir medidas de un objeto, (Santamaría y Teófilo, 2011, p.9).

Una definición más actualizada, de la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS): " es el arte, ciencia y tecnología para la obtención de medidas fiables de objetos físicos y su entorno, a través de grabación, medida e interpretación de imágenes y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos".

TIPOS DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS:

Existen 3 tipos de fotografías aéreas, se diferencian por el ángulo de inclinación del eje óptico:

- **Fotografía vertical:** son las fotografías que se aproximan a la verticalidad (90%) y como máximo la inclinación de la cámara no supera los 3 grados.
- **Fotografía Oblicua:** son las fotografías que el ángulo de inclinación de la cámara supera los 3 grados y no registra el horizonte.
- **Fotografías Panorámicas:** Son fotografías que registran el horizonte. (Orellana, 2006, p.9 y p.10).

PROCESO FOTOGRAMÉTRICO DIGITAL:

La obtención de la información espacial de objetos que partan de imágenes es el objetivo de un sistema fotogramétrico, cualquiera que sea el método empleado, en el caso de la fotogrametría digital parte de imágenes en formato digital. (Orellana, 2006, p.38).

1.10.2. SOFTWARE PIX4D MAPPER

Pix4D Mapper es un programa o software de escritorio que a partir de imágenes obtenidas de tierra o aire, genera orto mosaicos de alta gama, DSM (modelo digital de superficie), DTM (modelo digital de terreno) y nube de puntos con una muy alta precisión.

En dicho software se puede Mantener el control total sobre sus proyectos en cualquier momento, por medio de la evaluación y edición de todos los puntos de enlace o puntos de control,

Pix4D es un software que sirve para diferentes tipos de proyectos como estudios, construcción, inmobiliaria y agricultura.

ESTUDIOS:

El software Pix4D hace que la obtención de resultados precisos sea muy eficiente en el tiempo, con mediciones intuitivas y análisis de proyectos.

- **Cartografía:** Creación de resultados en 2D y 3D para catastro, planificación urbana, modelización del terreno, cartografía a gran escala, monitoreo ambiental, etc. Actualización sencilla y eficiente de la cartografía.

- **Minería:** Monitorización de extracciones y depósitos, medición de líneas de ruptura o creación de curvas de nivel y realización de cálculos de volúmenes. Estudios más seguros y eficientes para el monitoreo de extracciones y depósitos.
- **Forense:** Creación de datos medibles y georreferenciados de escenas de accidentes o delitos. Adquisición rápida y no invasiva para documentar el escenario.

CONSTRUCCIÓN:

En el ámbito de la construcción uno de las funcionalidades es en el uso de la Supervisión de los sitios de construcción a medida que van evolucionando, usando ortofotos georreferenciadas y datos 3D. Análisis de la situación de la obra para obtener mediciones actualizadas y un análisis continuo, haciendo que la gestión de movimientos de tierra y las inspecciones virtuales detalladas sean más eficientes.

- **Movimiento de tierras:** Análisis volumétrico, mediciones de depósitos y curvas de nivel. Seguimiento de los movimientos de tierra con rapidez, facilidad y precisión. Generación de mapas y modelos digitales de superficie 3D para mediciones volumétricas y modelado del terreno sin necesidad de estar físicamente sobre el terreno ni interferir con los trabajos.
- **BIM (Building Information Modeling):** Análisis de los datos del sitio según se construye, utilizando ortofotos o modelos 3D fácilmente actualizados. Realización de mediciones y comparación de la construcción real con los dibujos de diseño. Fácil repetición para obtener datos actualizados.

- **Inspección:** Creación de una base de datos de imágenes georreferenciadas para una inspección segura y eficiente después del vuelo. Localización de defectos en 3D a partir de imágenes, visualización de detalles estructurales desde múltiples ángulos, modelización del comportamiento térmico de edificios o paneles, y exportación de ortomosaicos de fachadas.

1.10.3. CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

La Confiabilidad es la "capacidad que se espera de un objeto o sistema de acción de desempeñar una función requerida, en condiciones establecidas durante un período de tiempo determinado". Es decir, que habremos logrado la Confiabilidad requerida cuando el "objeto o sistema de acciones" hace lo que queremos que haga y en el momento que queremos que lo haga.

La confiabilidad tiene relación directa con la probabilidad, se espera que el sistema cumpla correctamente sus funciones durante un determinado tiempo y en condiciones establecidas. El que se ocupa de las fallas del sistema es la teoría de la probabilidad, sin embargo, no indica sobre la falla que la causa sino en la frecuencia con la que ocurre, por ello no es una teoría física sino una teoría estadística.

Es por ello que en los proyectos de ingeniería, especialmente en los trabajos topográficos se espera que con un protocolo ya establecido, y en un tiempo determinado, se obtengan resultados confiables, para la continuidad de las siguientes actividades.

1.10.4. MODELO DIGITAL DEL TERRENO

Un Modelo Digital de Terreno (MDT) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua.

También se denomina MDT al conjunto de capas (generalmente raster) que representan distintas características de la superficie terrestre derivadas de una capa de elevaciones a la que se denomina Modelo Digital de Elevaciones (MDE).

El tipo de Modelo Digital del Terreno (MDT) más conocido es el Modelo Digital de Elevaciones (MDE), un caso particular de aquel, en el que la variable representada es la cota del terreno en relación a un sistema de referencia concreto. No obstante no hay un uso normalizado en la literatura científica de los términos Modelo Digital de Elevaciones (MDE), Modelo Digital del Terreno (MDT) y Modelo Digital de Superficie (MDS). En la mayoría de los casos, el término Modelo Digital de Superficie se refiere a la superficie de la tierra e incluye todos los objetos que esta contiene. En cambio un MDT representa la superficie de suelo desnudo y sin ningún objeto, como la vegetación o los edificios.

Tres características principales permiten hacerse una idea rápida de un modelo digital de terreno y juzgar su adecuación para una necesidad particular:

- su **resolución**: es decir, la distancia entre dos puntos adyacentes del MDT;
- su **cobertura geográfica**: las zonas geográficas sobre las cuales existen datos disponibles;
- la **calidad de los datos**: depende de la aplicación o no de tratamientos de corrección de los datos tras su recuperación. En efecto, algunos métodos de adquisición dejan

artefactos en los datos (zonas distorsionadas sobre líneas costeras a causa de la espuma de las olas, que falsea los ecos del radar, “agujeros” cuando existían nubes durante una adquisición satelital, etc.).

1.10.5. PUNTOS DE CONTROL

Se denominan puntos de control a aquellos puntos fijos monumentados en su gran mayoría con concreto simple, de forma rectangular, dichos puntos en el terreno son levantados por topográficamente o geodésicamente, que sirven de base para la orientación absoluta en la restitución fotogramétrica, y para efectuar un tratamiento geométrico o geo-referenciación de los datos en teledetección, estos puntos son efectuados para determinar el relieve de la Tierra, e identificar sus accidentes topográficos naturales y artificiales, se pueden efectuar mediante métodos aéreos (fotogrametría) o de superficie. En ambos es requisito indispensable un adecuado control tanto horizontal como vertical del terreno de estudio.

Los puntos de control utilizados en la aerofotogrametría son marcas sobre el terreno, y visibles a las fotografías tomadas con el dron. Cuando se crean mapas y modelos 3D con el dron se hace a partir de fotogrametría, es decir, muchas fotos tomadas con un recorrido y posiciones muy concretas para que se vean los puntos y reconstruir bien el modelo digital.

Pero este modelo puede tener errores en posición, demasiado grandes en casos concretos, los errores son corregidos gracias a las posiciones exactas de estos puntos que se deben poner en los laterales y centro de la superficie del terreno, para que el

modelo no se mueva ni se levante como una sábana; y sus coordenadas son tomadas mediante equipos topográficos GPS diferencial.

1.10.6. EXACTITUD TOPOGRAFICO

La exactitud es la proximidad al valor verdadero, sin embargo, el valor verdadero nunca se podrá determinar y este se sustituye por un valor casi verdadero o valor de referencial.

La exactitud topográfica se refiere a cuán cerca del valor real se encuentra el valor medido. En términos estadísticos, la exactitud topográfica está relacionada con el sesgo de una estimación. Cuanto menor es el sesgo más exacto es una estimación. Cuando se expresa la exactitud de un resultado, se expresa mediante el error absoluto que es la diferencia entre el valor experimental y el valor verdadero.

1.11. HIPÓTESIS

1.11.1. HIPÓTESIS GENERAL

- Al comparar el levantamiento aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus entre el levantamiento topográfico realizado con el GPS diferencial, se determina que el Dron tiene una precisión de 95% frente al GPS diferencial.

1.11.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Al definir 09 puntos de control para el levantamiento aerofotogrametrico en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán con el dron Ebee Plus conseguimos un grado de confiabilidad de 95%.
- Al realizar el levantamiento aerofotogrametrico con el dron Ebee Plus, incorporando 09 puntos de control en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán obtendremos un

95% de exactitud en los datos obtenidos a comparación del levantamiento topográfico realizado con el GPS diferencial.

- Al generar la ortofoto con los datos obtenidos del levantamiento aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus tendremos un 95% de precisión y exactitud del terreno.

1.12. SISTEMAS DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

1.12.1. VARIABLES INDEPENDIENTES:

- ◆ Dron Ebee Plus
- ◆ GPS Diferencial

1.12.2. VARIABLES DEPENDIENTES:

- ◆ Análisis de la precisión entre los levantamientos aerofotogrametrico y topográfico

1.13. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

Tabla 1: Variables, Indicadores y Dimensiones

VARIABLES	INDICADORES	DIMENSIONES
<u>Variable independiente</u> X ₁ : Dron Ebee Plus	◆ Altura	m
	◆ Viento	Km/h
	◆ Solape lateral y longitudinal	%
	◆ Puntos de control	Und
	◆ Resolución de la fotografía	Cm/px
X ₂ : GPS Diferencial	◆ Clima	T°
<u>Variable Dependiente</u> Y: Análisis de la precisión entre los levantamientos aerofotogrametrico y topográfico	◆ Modelo digital	Und
	◆ Plano generado en el programa	Und

FUENTE: Elaboración Propia

2. CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

2.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACION

2.3 MATRIZ DE CONSISTENCIA

2.4 TÉCNICAS DE RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE DATOS

2.5 PROCESAMIENTO Y PRESENTACION DE DATOS

2.6 PROCEDIMIENTO PARA EL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO

2.7 PROCESAMIENTO PARA EL LEVANTAMIENTO GEODESICO

2.8 PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

2.9 RESUMEN DEL POST PROCESO EN EL PIX4D

2.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Los tipos de investigación se determinan mediante la aplicación de distintos criterios, de acuerdo a esto nuestra investigación será:

◆ Experimental

Un estudio Experimental se basa en la manipulación de variables en condiciones altamente controladas, replicando un fenómeno concreto y observando el grado en que la o las variables implicadas y manipuladas producen un efecto determinado. Los datos se obtienen de muestras aleatorizadas, de manera que se presupone que la muestra de la cual se obtienen es representativa de la realidad. Permite establecer diferentes hipótesis y contrastarlas a través de un método científico.

En nuestra investigación tenemos las imágenes recolectadas por a través del levantamiento aerofotogrametrico, que es una de nuestras variable, y los datos del levantamiento topográfico con el GPS diferencial que son otra variable independiente, con adición de los puntos de control que, estas variables las manipularemos en el programa Pix4D para así poder realizar el modelo digital, con la cual nos podremos establecer diferentes hipótesis y contrastarla a través de un método científico.

◆ Transversal

Se caracterizan por recopilar los datos en un momento concreto del objeto de la investigación. Permiten hacerse una idea más profunda de la realidad estudiada. Sin

embargo, este tipo de estudios carecen de proyecciones temporales, ya que su investigación se limita a un momento concreto del objeto estudiado.

En nuestra investigación se emplea el dron Ebee Plus, y con ello a través del levantamiento aerofotogramétrico se obtienen los datos (imágenes), en un tiempo determinado y en condiciones climáticas particulares, y con todos los puntos de control visibles al mismo tiempo al momento de realizar el vuelo con el dron, y se realiza un levantamiento topográfico con el GPS diferencial, para después procesarlos uno en el programa Pix4D y el otro con el programa civil 3d.

2.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación viene dado por el grado de profundidad y alcance que se pretende con la misma. Así nuestra Investigación será:

◆ Correlacional

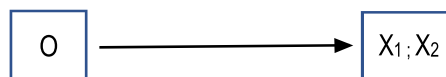
Es aquel tipo de estudio que persigue medir el grado de relación existente entre dos o más conceptos o variables.

Este tipo de investigación se refiere a la investigación sistemática o estudio estadístico de las relaciones entre dos o más variables, sin necesariamente determinar una causa y un efecto.

Consiste en analizar la precisión entre el levantamiento aerofotogramétrico realizado con el dron Ebee Plus y el topográfico realizado con el GPS diferencial con la adición de puntos de control en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, y así relacionar los diferentes indicadores que tiene cada variable en el estudio.

2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de este trabajo de Investigación es Experimental Transversal, debido a que el nivel de la investigación es correlacional, para la realización de la siguiente investigación se realizó el siguiente diseño de investigación:



O = Observación

X1; X2= Variables

La presente investigación abarca tres etapas:

Tabla 2: Esquema de la Investigación

PRIMERA ETAPA	SEGUNDA ETAPA	TERCERA ETAPA
Recolección del material bibliográfico.	Realizar el plan de vuelo considerando todos los protocolos necesarios y a diferentes alturas de vuelo en el programa Emotion 3.	Procesamiento de datos (imágenes) en el programa Pix4D y CIVIL 3D, análisis de resultados y contrastación de hipótesis.
Construcción de 09 monumentos de concreto simple para los puntos de control en la Universidad Nacional Herminio Valdizán.	Realizar los vuelos con el dron Ebee Plus programados en la primera etapa, para la toma de datos (imágenes) que son las fotografías con sus resoluciones correspondientes de cm/px.	Presentación de resultados.
Toma de datos con el GPS diferencia la los puntos de control. Y realizar el levantamiento topográfico.	Luego realizar el levantamiento topográfico con el GPS diferencial de nuestra zona de estudio,	Conclusiones y elaboración del informe final.

FUENTE: Elaboración Propia

2.3. MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES/INDICADOR	METODOLOGÍA	UNIVERSO/POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>General</p> <p>¿Cómo se analiza los datos obtenidos entre los levantamientos aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus y topográfico realizado con el GPS diferencial en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, para comparar la precisión?</p> <p>Específico</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo se define la cantidad necesaria de puntos de control dentro de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, para la confiabilidad entre los levantamientos aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus y topográfico realizado con el GPS diferencial? ¿Cómo se determina la exactitud entre los levantamientos aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus y topográfico realizado con el GPS diferencial en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, en función a la cantidad de puntos de control? ¿Se puede generar una ortofoto con precisión y exactitud con el levantamiento aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán? 	<p>General</p> <p>Comparar el análisis de la entre los levantamientos aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus y topográfico realizado con el GPS diferencial en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.</p> <p>Específico</p> <ul style="list-style-type: none"> Definir la cantidad de puntos de control necesarios dentro de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán para la confiabilidad entre los levantamientos aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus y topográfico realizado con el GPS diferencial. Determinar la exactitud entre los levantamientos aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus y topográfico realizado con el GPS diferencial en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, en función a la cantidad de puntos de control. Generar una ortofoto con precisión y exactitud con el levantamiento aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. 	<p>General</p> <p>Al comparar el levantamiento aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus entre el levantamiento topográfico realizado con el GPS diferencial se determina que el dron tiene una precisión de 95% frente al GPS diferencial.</p> <p>Específico</p> <ul style="list-style-type: none"> Al definir 09 puntos de control para el levantamiento aerofotogrametrico en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán con el dron Ebee Plus conseguimos un grado de confiabilidad de 95%. Al realizar el levantamiento aerofotogrametrico con el dron Ebee Plus incorporando 09 puntos de control en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán obtendremos un 95% de exactitud en los datos obtenidos a comparación del levantamiento topográfico realizado con el GPS diferencial. Al generar una ortofoto con los datos obtenidos del levantamiento aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus tendremos un 95% de precisión y exactitud del terreno. 	<p>Variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> Dron Ebee Plus GPS Diferencial <p>Variable Independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> Análisis de la precisión del levantamiento topográfico. <p>Indicadores</p> <p>X1: Altura X2: Viento X3: Solape Lateral y Longitudinal X4: puntos de control X5: Resolución de la Fotografía X6: clima</p>	<p>Nivel de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> Correlacional <p>Tipo de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> Experimental, Transversal y Analítica <p>Método</p> <p>Recolección de información: Fuente: Primaria y secundaria.</p> <p>Técnica: campo y diseño. Procesamiento de la Información: Categorización de Variables.</p> <p>Software: Emotion 3 y Pix4D. Corrida del modelo Estimación de Variables</p> <p>Nivel de Contraste de Hipótesis</p> <p>H0: $b_i = 0$: (nula)</p> <p>Todos los coeficientes de las variables X_i no son significativos, es decir las variables independientes no influyen sobre la variable dependiente.</p> <p>H1: $b_i \neq 0$: (alternativa)</p> <p>Al menos un coeficiente de las variables X_i son significativos por lo tanto las variables ndependientes sí influyen en la variable dependiente.</p>	<p>Determinación de Población y Muestra</p> <p>El universo está dado por el área de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.</p> <p>Selección de la Muestra</p> <p>El tipo de muestreo a utilizar será no probabilístico, en este caso se utilizará el Muestreo por Conveniencia.</p> <p>Toma de imágenes desde el dron Ebee Plus a diferentes alturas.</p> <p>Con la incorporación de puntos de control.</p> <p>Muestreo no Probabilístico</p> <p>El muestreo no probabilístico es una técnica de muestreo en el cual el investigador selecciona muestras basadas en un juicio subjetivo en lugar de hacer la selección al azar.</p> <p>Muestreo por Conveniencia</p> <p>El muestreo por conveniencia es una técnica de muestreo no probabilística donde las muestras de la población se seleccionan solo porque están convenientemente disponibles para el investigador.</p>

TÉCNICAS DE RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE DATOS

Los métodos de investigación como procesos sistemáticos permiten ordenar la actividad de una manera formal, lo cual genera el logro de los objetivos. De manera que es importante el desarrollo de la presente investigación, la cual trata sobre los métodos de recolección de datos en un sentido general.

En esta investigación se describe sobre los trabajos que se realizaron y los tipos de respuestas, debido a que solo se señala los principales métodos de recolección de datos, describiendo sus características más comunes, así como sus ventajas y desventajas.

Así mismo puede servir como material de apoyo en lo referente para proyectos donde se requieran de precisión y exactitud.

2.3.1. FUENTES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos de esta investigación se organizaron y presentaron mediante técnicas estadísticas en tablas, referidas a las variables, que se representa en tablas de frecuencia y/o contingencia o cruzadas. Los datos para esta investigación son recolectados cumpliendo con las siguientes normas vigentes:

- Especificaciones técnicas n° 139-2015-IGN/UCCN para posicionamiento geodésico estático relativos con receptores del sistema satelital de navegación global.
- Especificaciones técnicas n° 057-2016-IGN/UCCN para levantamientos geodésicos verticales.
- Norma técnica complementaria n° 001-2015-DCA/DGAC requisitos para las operaciones de sistema de aeronaves pilotadas a distancia.

- Norma técnica para la producción de cartografía básica a escala del instituto geográfico nacional, el capítulo III.

Los instrumentos empleados para la presente investigación serán unas fichas técnicas de recolección de datos diseñada para tal fin.

A continuación, se describen las fuentes para el desarrollo del trabajo de investigación:

- **Fuentes Primarias:** Datos recopilados serán de los resultados obtenidos los levantamientos aerofotogrametrico y topográfico realizados en la Universidad Hermilio Valdizan
- **Fuentes Secundarias:** Datos recopilados de las diferentes fuentes de información, así como: libros, revistas, manuales, tesis, blogs, normas, material electrónico.

La elección de los tipos de tablas y/o gráficos a utilizarse para describir los datos, dependen de:

- La escala de medición de las variables
- Los objetivos de la investigación

2.4. PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS

2.4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

En esta parte de la investigación se realizó la evaluación de la información de campo para luego darle una confiabilidad a dicha investigación, para tal efecto se utilizará software como el Emotion 3, Pix4D, Civil 3D y Excel. Los datos obtenidos serán

analizados en hoja de cálculo Excel, aplicando estadística descriptiva e inferencial, para hallar la media, desviación estándar y varianza.

Los datos obtenidos procederán de los siguientes instrumentos de recolección de datos:

- **PUNTOS DE TOPOGRÁFICO:** los puntos topográficos están constituidos por los puntos tomados con el GPS diferencial tanto en los puntos de control, como también a lo largo de la calzada que se encuentra dentro de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- **PUNTOS DE CONTROL:** los puntos de control están constituidos por 09 puntos monumentados, de concreto simple, la cual está registrado con datos georreferenciados por un GPS diferencial.
- **IMAGENES:** Está constituida por las fotografías tomadas por el Dron Ebee Plus en la Universidad Nacional Herminio Valdizán.
- **PROGRAMA Pix4D:** tanto las imágenes como las coordenadas de los puntos de control serán introducidas en el programa Pix4D para la evaluación de los datos a través de los ortomosaicos en digital que este programa nos da como resultados.

2.4.2. FUENTES PRIMARIAS: PROGRAMA EXPERIMENTAL PROPUESTO

2.4.2.1. INTRODUCCION

En un levantamiento topográfico, es común ver una cierta cantidad de errores, con las cuales conllevan a que los proyectos tengan deficiencias tanto en diseño y presupuesto, estas deficiencias hacen que las obras tengan problemas como adicionales de obra, mayores metrados y en muchas de las veces obras paralizadas.

Con este proyecto de investigación se busca comparar y analizar la precisión entre

los diferentes métodos de levantamientos tanto fotogramétrico y topográfico, para así poder ver cuál de los dos levantamientos nos llevara a tener menos error y ser más precisos al momento de presentar resultados.

2.4.2.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

La muestra es un subgrupo o subconjunto que deriva de la población para determinar la técnica más apropiada en función del problema, la hipótesis y el diseño. La muestra en nuestro caso son los diferentes levantamientos tanto fotogramétrico y topográfico que se realizó al eje de la vía que se encuentra al interior de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, ya que presenta muy buena visibilidad desde el aire, en la que se produzca de la mejor manera los rasgos esenciales de dicho universo y población, que serán importantes para nuestra investigación.

Para que una muestra sea representativa, y por lo tanto útil, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas. El tipo de muestreo a utilizar será no probabilístico, en este caso se utilizará el Muestreo por Conveniencia.

❖ Tipos de levantamientos

Para la elección de los diferentes tipos de nuestra muestra (en nuestro caso levantamientos aerofotogramétrico y topográfico), se usó los siguientes criterios

Para los levantamientos aerofotogramétrico, tenemos que mediante la Norma Técnica vigente desde mayo del 2011 en el Perú, que son las Especificaciones Técnicas para la Producción de Cartografía Básica Escala

1:1000 de Instituto Geográfico Nacional, que nos menciona en el Capítulo III, que en el Ítem 3.10.6 Resolución Espacial en cm/px.

Para los levantamientos topográficos tenemos la Norma Técnica Geodésica vigente desde diciembre de 2015 en el Perú, que se denomina Especificaciones Técnicas para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global, que nos menciona en el Capítulo III, indica sobre la clasificación de los puntos geodésicos y su categorización por órdenes, también nos menciona las fases de trabajo GNSS.

❖ **Cantidad de levantamientos**

Para determinar la cantidad de levantamientos que se debió realizar en la obtención de la muestra para la presente investigación, se tuvo en cuenta la cantidad de puntos de control según la Norma Técnica vigente desde mayo del 2011 en el Perú, que son las Especificaciones Técnicas para la Producción de Cartografía Básica Escala 1:1000 del Instituto Geográfico Nacional, que nos menciona en el Capítulo IV, en el Ítem 4.2 Distribución de puntos de control para la aereotriangulación, la distribución de los puntos de control, en el área de trabajo, en esta investigación se optó por 09 puntos de control monumentados que se distribuyó estratégicamente a lo largo y ancho de nuestra área de estudio.

- ✓ Levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial de 3.0 cm/pixel, con 5, 6, 7, 8 y 9 puntos de control.

- ✓ Levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial de 3.5 cm/pixel, con 5, 6, 7, 8 y 9 puntos de control.
- ✓ Levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial de 4.0 cm/pixel, con 5, 6, 7, 8 y 9 puntos de control.
- ✓ Levantamiento topográfico con el GPS diferencial.

❖ **Tamaño de la Muestra**

Existen diversos métodos para la obtención del tamaño de la muestra, esencialmente se requieren de conocimientos previos sobre la varianza del error experimental que puede variar de 5, 10 y 30 muestras. Pero en este caso debido al costo y tiempo que involucra cada uno de los vuelos y procesamientos de datos, se realizaron 15 levantamientos aerofotogrametrico con resolución espacial de 3.0, 3.5 y 4.0 cm/pixel, cada uno de ellos se levantó con 5 cantidades diferentes de puntos de control, la cantidad de estos puntos de control varían desde 5 hasta 9, y con ello tenemos la cantidad de 16 muestras para esta investigación.

2.5. PROCEDIMIENTO PARA EL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO

Con el fin de obtener la topografía a una escala que sea suficientemente completa para el diseño de la investigación, será necesaria la planificación y ejecución precisa del proyecto de vuelo y de todos aquellos aspectos implicados en el flujo de trabajo fotogramétrico. De la buena concepción de esta etapa dependerá la rapidez, comodidad y precisión del resto del trabajo. La ejecución del vuelo fotogramétrico (aerofotogrametría), en la fotogrametría con los aviones no tripulados, no se requieren de personal muy capacitado para la ejecución

del vuelo, además de ser posible realizarlo de forma autónoma o manual esto depende de las características del dron y del sistema utilizado para controlar la aeronave.

Se llama proyecto de vuelo fotogramétrico al conjunto de cálculos previos a la ejecución de un vuelo fotogramétrico, así como de todas las actividades topográficas requeridas para mejorar la precisión del mismo; mediante los cuales se organiza la operación para conseguir un producto fotogramétrico propuesto, con las condiciones establecidas.

Al realizar la planificación, hay que tener en cuenta todos los factores que inciden en el vuelo para evitar atrasos, errores y cambios de planes en los momentos críticos del vuelo del dron.

Un proyecto fotogramétrico se puede dividir en tres fases:

- **La planificación del vuelo** que debe seguirse para la adquisición de las fotografías aéreas que se usarán en el proyecto.

En la planificación de un vuelo existe una serie de decisiones previas tales como la escala del mapa, GSD buscado, sistema de coordenadas, elipsoide de referencia, etc., que han de tenerse en cuenta en el planeamiento, ya que afecta las condiciones del vuelo, así como otras condiciones que se refieren a la calidad de la fotografía tanto en su aspecto geométrico (escala, arrastre de la imagen, horas útiles de tomas fotográficas, etc.), como en el fotográfico (tipo de cámara).

En la presente investigación se partirá del hecho que la limitante principal es el dron a utilizar seguida por el GSD.

- **El apoyo Topográfico**, que incluye la planificación del control terrestre y la ejecución de todos los trabajos topográficos que aseguren la precisión requerida para la investigación.

- **La ejecución del vuelo**, que incluye todas las actividades a efectuarse durante la ejecución de las misiones de vuelo.

Habiéndose completado la planificación de las primeras dos fases, se realizó una estimación de los costos que conllevarán las actividades, lo que permitirá replantear el proyecto de vuelo. Esta fase alternativa no se abarca en el estudio pero deberá incluirse al evaluar la factibilidad de la técnica.

2.5.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

El proyecto de vuelo incluirá todo lo referente al dimensionamiento y configuración de la misión de vuelo y su ejecución, así como las actividades de apoyo terrestre que aseguren: la precisión del proceso de restitución, que el procesamiento descrito en este capítulo sea efectuado sin problemas y que se obtengan los resultados esperados del uso de este tipo de técnica. Antes de iniciar se describen dos consideraciones muy importantes previas a las actividades realizadas en el reconocimiento del área de trabajo que son la orografía del terreno y el área de despegue y aterrizaje del dron.

2.5.1.1. OROGRAFÍA DEL TERRENO

La orografía sirve para comprender el relieve de una región o zona relativamente pequeña, por lo que su representación cartográfica en mapas a gran escala (1:100.000, 1:50.000 o mayor) sirve de manera efectiva para planear obras de infraestructura (por ejemplo, el estudio de pendientes en el trazado de una carretera o de una línea de ferrocarril, en el diseño de una represa o de un puente, etc.). Además, el estudio geomorfológico y topográfico del relieve permite conocer muchas de las características que tienen aplicaciones prácticas en el campo de la

investigación del suelo y del subsuelo, de los recursos hidráulicos, minerales, agrícolas y económicos en general de la zona de que se trate.

Para la realización de un levantamiento aerofotogramétrico, es importante primero hacer un reconocimiento visual del área de trabajo, para tener presente cual es tipo de orografía del terreno; ya que eso influirá mucho en lo que respecta a la planificación de vuelo en la oficina. En esta investigación como nuestra área de levantamiento aerofotogramétrico es el campus universitario de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, contamos con una orografía plana, sin presencia de desniveles de terrenos pronunciados.

2.5.1.2. PUNTO DE DESPEGUE Y ATERRIZAJE DEL DRON EBEE PLUS

El punto de despegue y aterrizaje del dron Ebee Plus es uno de los factores más importantes y fundamentales a tener en cuenta a la hora de iniciar un proyecto con el dron Ebee Plus. Es necesario disponer de un terreno amplio en longitud de al menos 60 metros libres de obstáculos que puedan perjudicar el aterrizaje como: montañas, torres eléctricas, postes de luz, edificios, quebradas, cables de electricidad de alta tensión, etc. Ya que estos factores podrían alterar la información interna del dron y poner en riesgo el aterrizaje y hacer que este colisione con la superficie. También se debe tener en cuenta que el terreno debe ser lo más plano posible, si trabajamos en una pendiente, hay que lanzarlo a favor de la misma.

Otro factor importantísimo en el despegue del dron Ebee Plus es el viento, ya que es el elemento que ayuda a despegar al dron de ala fija. Siempre se despegan contra el viento, para que se genere esa fuerza de sustentación necesaria para que el

dispositivo despegue sin dificultad y riesgo a estrellarse contra la superficie. Hay que tener en cuenta que no es recomendable lanzarlo con viento excesivo, no se debe lanzar a una velocidad superior a 45 kilómetros por hora.

En esta investigación se realizó una evaluación visual y técnica de toda el área de estudio que es el campus de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan y poder determinar el lugar más adecuado para usarlo como un punto de despegue y aterrizaje del dron Ebee Plus.

Figura 1: Zona de despegue y aterrizaje del dron



FUENTE: Google Earth Pro

2.5.2. PLANIFICACION DEL VUELO

La planificación de vuelo se iniciará únicamente cuando se haya realizado las consideraciones previas a la planificación de vuelo, en lo referente al reconocimiento visual del terreno.

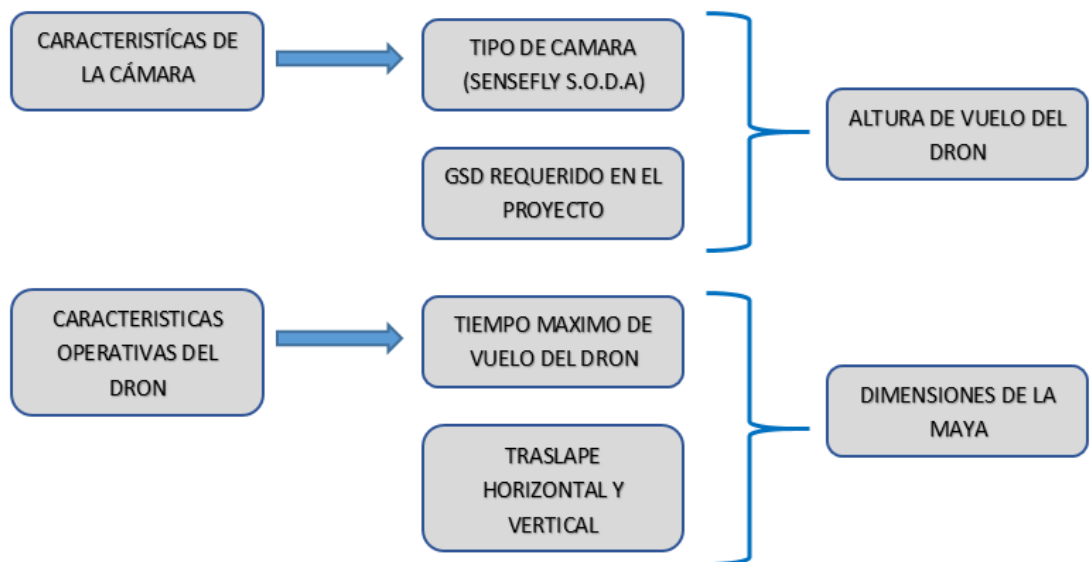
La realización de los vuelos se realiza previa planificación considerando ciertos factores:

- Escala final de la fotografía aérea.
- Traslape longitudinal y transversal.
- Velocidad de vuelo.
- Características de la cámara fotográfica como distancia focal y formato del chasis de la cámara (al ser analógica) o capacidad de almacenamiento interno (al ser digital).
- Líneas de vuelo.
- Longitud media de las líneas de vuelo.

La determinación de los factores anteriores permitirá conocer los requerimientos de película ya que la presente investigación se centra en la obtención de las fotografías aéreas directamente en formato digital para luego ser procesadas mediante un software, por lo que esta característica será fija y propia del tipo de cámara del dron, la cobertura efectiva de terreno por toma, la distancia del isocentro longitudinal y lateral de cada fotografía, tiempos de vuelo y números de reabastecimientos; con lo que se diseña la altura de vuelo y el tiempo entre las capturas de la cámara. Ya que el plan de adquisición de imágenes tiene un alto impacto en la calidad de los resultados, es importante diseñarlo cuidadosamente.

El levantamiento fotogramétrico con el dron Ebee Plus está limitado principalmente por el modelo de la cámara (tipo de lente y otras características internas) y el tiempo máximo que la aeronave se puede mantener en el aire sin necesidad de reabastecerse. Por estas limitantes, para cumplir con el GSD requerido en el proyecto, se requiere llegar a un acuerdo en la iteración de la altura de vuelo, traslape longitudinal y transversal entre fotografías y las dimensiones del área a cubrir en un vuelo.

Figura 2: Factores que definen un vuelo fotogramétrico; 1er Nivel: Limitantes de los drones; 2do Nivel: Factores que definen un plan de vuelo; 3er Nivel: Plan de Vuelo



FUENTE: Elaboración Propia

Por los factores que definen un levantamiento aerofotogrametrico anteriores, para la definición de un vuelo fotogramétrico se propone seguir los siguientes procedimientos:

- ◆ **Definición del GSD** como punto de partida, el cual se plantea según los requerimientos de precisión del proyecto.

Intervienen:

- ✓ Parámetros de la cámara: El estudio de esta limitante define la altura de vuelo máxima según la resolución de la fotografía.
- ◆ **Selección del traslape Longitudinal y Transversal**, según los requerimientos de cobertura de las fotografías sobre el terreno, así como de la disposición de la topografía de la zona (Terreno Montañoso, Cobertura vegetal densa, planicies, etc.).
- ◆ **Dimensionamiento del área a cubrir en el vuelo**, definidas las condicionantes anteriores se procede a establecer las dimensiones del área de vuelo tomando en consideración la altura de vuelo seleccionada, traslape entre capturas fotográficas y las características operativas del dron Ebee Plus.

Intervienen:

- ✓ Características del dron Ebee Plus: El estudio de esta limitante define el Tiempo de Vuelo Máximo según la duración máxima de la aeronave sin necesidad de reabastecerse y la velocidad operativa del dron.

Se podrá partir desde cualquier otra variable (distinta al GSD) para iniciar la definición del plan de vuelo como la altura de vuelo requerida, traslape, dimensiones de la malla y si el dron a utilizar no fuera limitante este también podría ser un punto de partida.

2.5.2.1. ESCALA DE LA FOTOGRAFIA

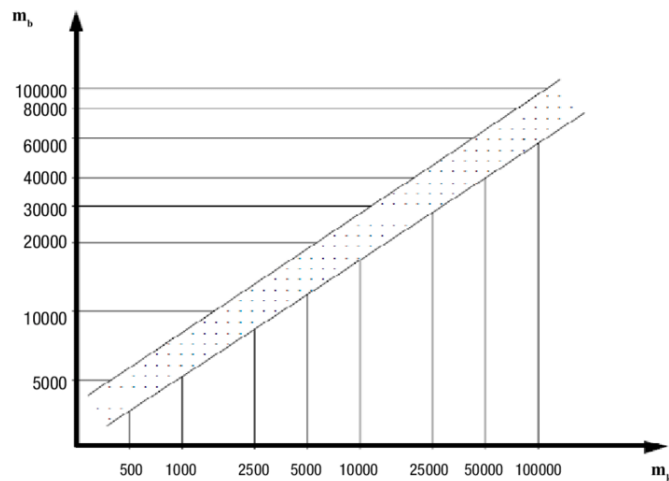
Si la limitante no fuera la resolución espacial (GSD), en primer lugar, habría que tener en cuenta la escala del producto final para saber a qué escala deberá capturarse el terreno en la toma fotogramétrica.

La escala es la relación entre la distancia de dos puntos en el dibujo y la distancia horizontal, medida en el terreno, entre los correspondientes dos puntos;

entendiéndose por distancia horizontal a la medida longitudinal entre los dos puntos proyectados en el plano horizontal.

La elección de la escala de la fotografía (E_F) es entonces función de la escala de representación (escala del plano a representar) y del tamaño de los objetos que se pretenden detectar. La relación entre la escala de la imagen ($E_F=1/m_b$) y la del plano ($E=1/m_k$) que se trata de obtener por medios fotogramétricos, según la fotogrametría analógica y analítica, viene dada según el ábaco de la siguiente figura.

Figura 3: Relación entre escala fotográfica y cartográfica



FUENTE: Introducción a la fotogrametría y cartografía aplicadas a Ing. civil – Eliana Quirós Rosado

La escala de una fotografía aérea (E_F) viene dada por la relación:

$$E_F = \frac{1}{m_b} = \frac{f_c}{H} \quad \dots (1)$$

f_c = distancia principal o distancia focal de la cámara.

H = altura de vuelo sobre el terreno.

m_b = escala de la fotografía.

En un perfil de terreno no llano existirán infinitos valores de escala. Por ello, al referirnos a la escala de un fotograma, lo estamos haciendo a un valor medio, respecto a un plano de referencia, elegido con criterio de que se encuentre equidistante, entre el plano tangente a las mayores elevaciones del terreno y la de mayores depresiones. Será necesario calcular la escala de una fotografía digital (EFD) en base a un parámetro interno de la cámara conocido como tamaño del pixel (medido en micrómetros), según la siguiente expresión:

$$E_{FD} = \frac{1}{m_b} = \frac{1}{\left(\frac{GSD}{T_p}\right) * 10^4} = \frac{T_p}{GSD} * 10^{-4} \quad \dots (2)$$

T_p = tamaño de pixel.

GSD = representación del pixel en el terreno.

m_b = escala de la fotografía.

Ya que el dato altimétrico está referido al nivel medio del mar (H_0), se podrá conocer la escala de una fotografía con el referido indicador, restando de la altitud del plano de referencia el valor o altura del elemento (h) para obtener la altura de vuelo.

$$E_F = \frac{1}{m_b} = \frac{f_c}{H_0 - h} \quad \dots (3)$$

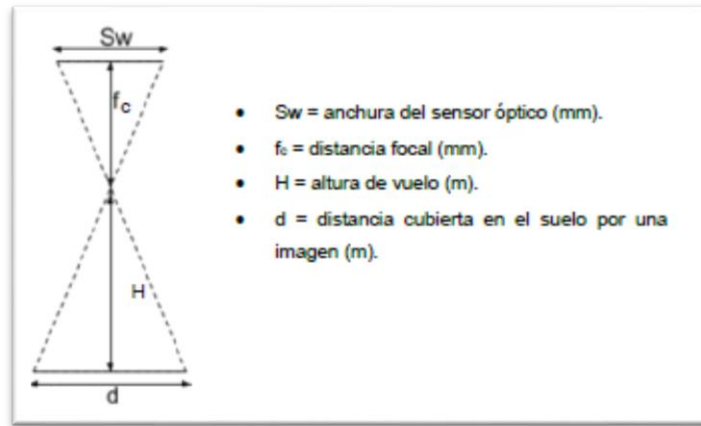
H_0 = altura del plano de referencia o nivel del mar.

h = altura del objeto o elemento.

$H = H_0 - h$

2.5.2.2. GSD Y ALTURA DE VUELO

Figura 4: Calculo de la Altura de Vuelo



FUENTE: Proyecto fin de Carrera – generación 3D a partir de imágenes aéreas – Juan Jesús Ruiz

De la ecuación de la escala fotográfica área (E_F), una vez determinada la escala de la imagen y conocida la distancia de la cámara, la altura de vuelo se calcula como:

$$E_F = \frac{1}{m_b} = \frac{f_c}{H} \quad \dots (1)$$

$$E = \frac{S_w}{d} = \frac{f_c}{H} = \frac{1}{m_b} \quad \dots (4)$$

$$H = m_b * f_c \quad \dots (5)$$

Otro método para calcular la altura de vuelo depende del GSD (Ground Simple Distance). Este término es usado en fotografía digital para hacer referencia a la distancia entre el centro de píxeles adyacentes medido desde tierra y utilizando unidades de medidas relativas. Debido a que un píxel es cuadrado, el área que cubrirá cada píxel será:

$$AREA = GSD * GSD(cm/pixeles)^2 \quad \dots (6)$$

El GSD no es equivalente con la resolución de la imagen tomada ya que depende de la resolución de la cámara y la altura de vuelo. Mientras mayor sea el valor del GSD menor será la resolución espacial de la imagen y se percibirán menos detalles.

Una vez se ha fijado la resolución por píxel, la altura de vuelo a la que se tomarán las imágenes (que depende de la distancia focal de la cámara, de las dimensiones del sensor y el GSD) se calcula de la siguiente manera:

Si se establecen triángulos semejantes se deduce la siguiente relación:

$$H = \frac{f_c * d}{S_w} \quad \dots (7)$$

La distancia cubierta en el suelo por una imagen captada desde el aire viene dada por la resolución/píxel así como por el tamaño de la imagen en píxeles:

$$d = Ancho_{Imagen} * GSD \quad \dots (8)$$

GSD = Ground Sample Distance (cm/píxel).

$Ancho_{Imagen}$ = Ancho de la Imagen (píxel)

Si se combinan las expresiones anteriores se tiene:

$$H = \frac{f_c * Ancho_{Imagen} * GSD}{S_w * 100} \quad \dots (9)$$

$$GSD = \frac{H * S_w * 100}{f_c * Ancho_{Imagen}} \quad \dots (10)$$

Esta expresión relaciona la máxima altura de vuelo (medida en metros) desde donde podemos realizar las fotografías para cumplir los requisitos de resolución por píxel.

Los vuelos de mapeado 3D tratan con resoluciones en el rango de 1 a 10 cm/píxel y alturas de vuelo entre 80 y 500 metros. Sin embargo, muchas veces la altura máxima

de vuelo es un factor limitante en el caso de utilizar el Dron Ebee Plus, por lo que habrá que llegar a un equilibrio entre la altura de vuelo y el GSD.

Al momento de realizar el estudio no se cuenta con ningún reglamento o legislación que rijan el techo máximo permitido a este tipo de aeronaves.

2.5.2.2.1. CONSIDERACIONES DEL GSD Y ALTURA DE VUELO

En la fotogrametría digital, por lo general se recomienda (para el procesamiento) que las imágenes sean capturadas a la misma altura de vuelo, ya que tendrían el mismo GSD si se usara la misma cámara. Esto significa que todas las imágenes tendrán el mismo nivel de detalles y facilita la coincidencia de puntos significativos entre las imágenes y por lo tanto, ayuda a la reconstrucción.

Sin embargo, Pix4Dmapper también puede procesar imágenes con diferentes GSD siempre que el más alto GSD sea menor que dos veces el más bajo GSD. Teniendo en cuenta que la altura de vuelo y el GSD tienen una relación lineal, para el mismo proyecto, capturado con la misma cámara, la mayor altura de vuelo en que se toman las imágenes no deben exceder de dos veces la menor altura de vuelo:

$$GSD_1 \leq 2 * GSD_2 \quad \dots (11)$$

Sustituyendo las ecuaciones tenemos:

$$\frac{H_1 * S_w * 100}{f_c * Ancho_{Imagen}} \leq 2 * \frac{H_2 * S_w * 100}{f_c * Ancho_{Imagen}}$$

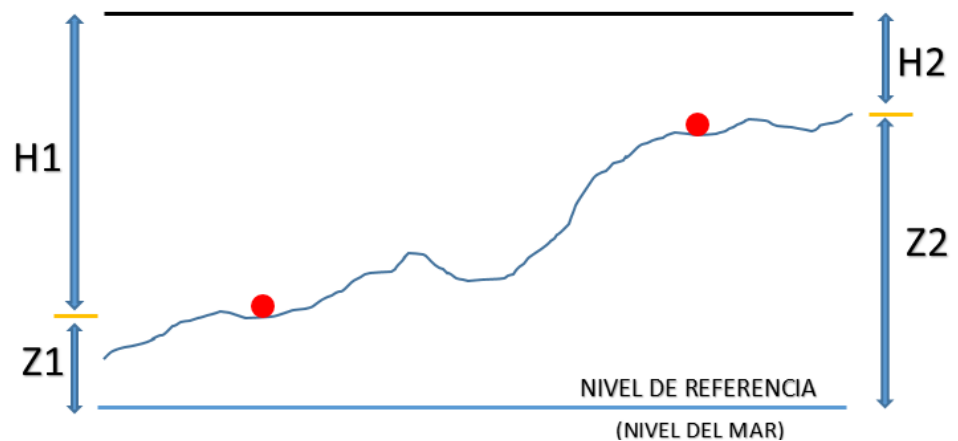
$$H_1 \leq 2 * H_2 \quad \dots (12)$$

GSD = Distancia representativa en el terreno (cm/pixel).

H = altura de vuelo (m).

Si se cubriera en un mismo vuelo una zona con variaciones de elevaciones (Figura 04) se podrá obtener otra limitante en relación a las elevaciones absolutas de las zonas a capturarse.

Figura 5: Vuelo en terreno con variaciones de elevación



FUENTE: Elaboración propia

Z = Distancia representativa en el terreno (cm/pixel).

H₂ = Altura de vuelo menor (m).

2.5.2.3. RECUBRIMIENTOS O TRASLAPES LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL

El objeto de los recubrimientos fotográficos es el de poder aplicar el principio de la visión estereoscópica a los fotogramas aéreos. La parte común entre dos fotografías

consecutivas es el modelo estereoscópico, debiendo poderse enlazar estos modelos tanto longitudinalmente como transversalmente. Para vuelos fotogramétricos tradicionales y en condiciones ideales se recomiendan los recubrimientos siguientes:

Tabla 3: Vuelo en terreno con variaciones de elevación

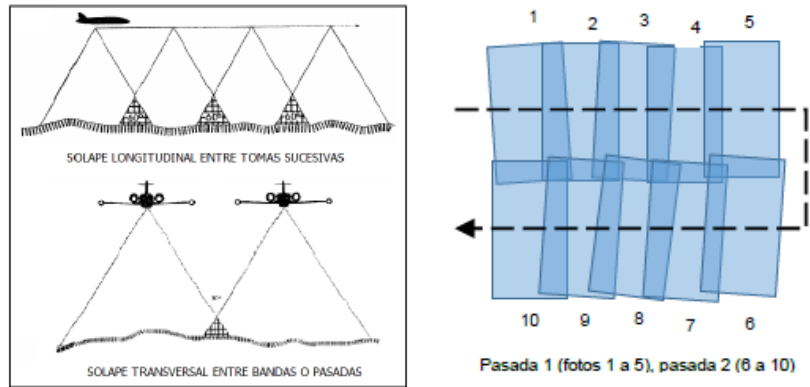
TIPO DE TERRENO	RECIBRIMIENTO	
	LONGITUDINAL	TRANSVERASL
LLANO	60%	20%
ONDULADO	65%	25%
MONTAÑOSO	70% - 80%	30% - 40%

FUENTE: Norma Técnica – Especificaciones Técnicas para la producción de Cartografía Básica

Escala 1:1000 - IGN

Otros autores recomiendan que el recubrimiento requerido para la mayoría de los casos es 70% en la dirección de vuelo y un 60% de solapamiento lateral. Sin embargo, en terrenos difíciles tales como bosques, zonas de nieve o campo abierto estas cifras aumentan hasta el 85% y 65%. En la figura se esquematiza el traslape longitudinal y transversal y la proyección de las tomas fotográficas.

Figura 6: Solape Longitudinal y Transversal – (Izq) Vista en elevación de vuelo. (Der) Proyección de dos pasadas con traslape Longitudinal y Transversal.

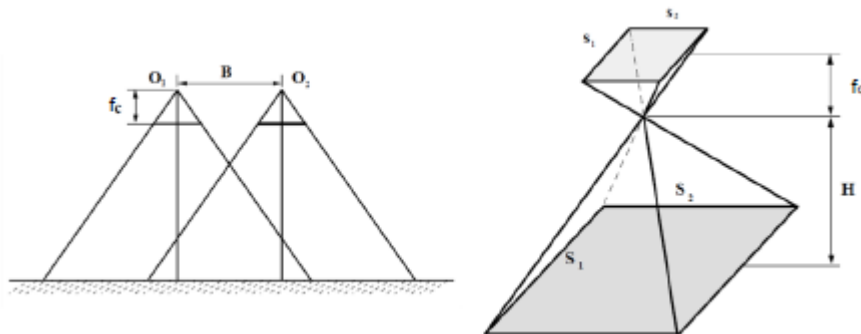


FUENTE: Elaboración propia

2.5.2.3.1. RECUBRIMIENTO LONGITUDINAL

Considerando la situación ideal donde el eje principal está estrictamente vertical y el terreno es llano y horizontal. Si una aeronave vuela en línea recta y a una altitud constante, toma una serie de fotografías a intervalos iguales ($O_1, O_2, O_3, \dots, O_n$), estas fotos se alinean formando una banda o pasada fotográfica.

Figura 7: Recubrimiento Longitudinal en tomas consecutivas. (Izq) Toma fotográfica de un modelo. (Der) Superficie cubierta por una fotografía



FUENTE: Apuntes de Fotogrametría III (2001) – Juan Antonio Pérez Alvares

De la geometría de la figura se puede deducir que: $S_1 = mbs_1$ y $S_2 = mbs_2$, el termino mb se refiere a la escala de la fotografía. La distancia que recorrerá la aeronave entre dos posiciones consecutivas se denomina Base (B); dos fotos sucesivas tendrán una parte común si $B \leq S_1$, pero para que todo punto de la zona cubierta aparezca dos veces es necesario que $B < S_1/2$. La Base se obtiene entonces:

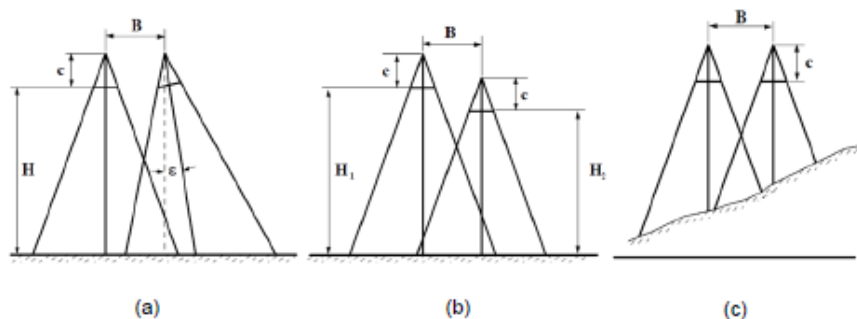
$$B = S_1 * (1 - p) = S_1 * m_b * (1 - p) = S_1 * m_b \left(1 - \frac{p\%}{100}\right) \quad \dots (13)$$

$p\%$ = Recubrimiento Longitudinal expresado en porcentaje.

La forma y dimensiones de la superficie del terreno cubierta por las fotos son función de:

- La inclinación del eje vertical; si el eje de la cámara está inclinado, la superficie cubierta será trapezoidal (Figura 08a).
- Variaciones en la altura de vuelo (Figura 08b).
- El relieve del terreno; la superficie se deforma de modo regular (Figura 08c).

Figura 8: Variaciones en el Traslape entre pares estereoscópicos



FUENTE: Apuntes de Fotogrametría III (2001) – Juan Antonio Pérez Alvares

Estas variaciones de forma, no deben causar defectos de recubrimiento Estereoscópico, escogiéndose para B un valor que considere el relieve del terreno y las situaciones planteadas. Tratando de no aumentar este margen, para mantener al mínimo el número de pares y aumentar el rendimiento sin afectar la precisión. El recubrimiento longitudinal ($\rho\%$) se fija normalmente con una tolerancia de $\pm 5\%$.

2.5.2.3.2. RECUBRIMIENTO TRANSVERSAL

El recubrimiento transversal es la distancia entre pasadas o bandas. Por la necesidad de cubrir un territorio extenso es preciso hacer varias bandas dispuestas lateralmente respecto a la primera, estas deben ser paralelas y recubrirse de modo que no exista ningún hueco en la cobertura.

El recubrimiento lateral ($q\%$) deberá ser mínimo para disminuir en lo posible el número de pares, siendo A la distancia entre dos ejes de vuelo adyacentes, es preciso en terreno llano que $A < S_2$. A se obtiene entonces:

$$A = S_1 * (1 - q) = S_2 * m_b * (1 - q) = S_2 * m_b \left(1 - \frac{q\%}{100}\right) \quad \dots (14)$$

Los defectos de recubrimiento lateral pueden ser resultado de:

- La Inclinación del eje transversal.
- El relieve del terreno.
- Errores en el mantenimiento de la altitud.
- Error en la apreciación de la magnitud A.
- Error en la corrección de la deriva.
- Errores en el mantenimiento de una ruta constante.

2.5.2.3.3. TIPOS DE PROYECTOS Y AJUSTES DEL TRASLAPE

Un software de procesamiento de imágenes se basa en la búsqueda de forma automática de puntos comunes entre las imágenes con los cuales se generará un punto 3D. Cuando existe una gran superposición entre 2 imágenes, la zona común capturada es más grande y se podrá identificar más puntos significativos entre sí. Cuantas más coincidencias, se calcularán puntos 3D más precisos. Por lo tanto, la regla principal es mantener un alto traslape entre las imágenes.

Vuelos realizados con drones, y especialmente aquellos realizados a baja altura, así como los destinados a ser procesados digitalmente requerirán ciertas consideraciones relativas al traslape con el fin de poder realizar la restitución del modelo estereoscópico durante la etapa de procesamiento. Estas vienen orientadas a evitar cualquier falla:

- **De cobertura**, raíz de un traslape deficiente ocasionado por cualquier desplazamiento (deriva de vuelo) o giro durante la toma de alguna fotografía, producido por el viento o por problemas con el sistema de navegación, que cause problemas en la cobertura con la fotografía posterior o anterior o con su correspondiente lateral en líneas de vuelo consecutivas.
- **De coincidencias**, raíz de los escasos puntos identificables durante la etapa de procesamiento. Usualmente ocasionado por tomas a baja altura y/o capturas de cuerpos de agua y vegetación densa donde es difícil encontrar coincidencias.

De lo anterior el plan de adquisición de imagen ideal y el traslape a utilizar dependerá del tipo de terreno u objeto a ser reconstruido. A continuación se describen diferentes directrices para la adquisición de imágenes en 8 diferentes casos aplicables dentro del trabajo topográfico. A pesar de que la restitución puede funcionar con un menor traslape a los señalados a continuación, con el fin de obtener los mejores resultados posibles, se sugiere utilizar los solapamientos recomendados.

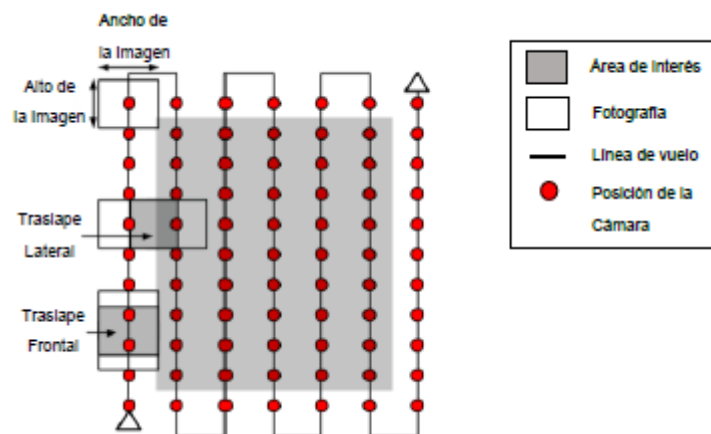
Para los siguientes casos se deben aplicar las consideraciones mencionadas anteriormente si no se señala lo contrario:

❖ **CASO GENERAL**

Este caso es aplicable a proyectos que no incluyen elementos difíciles de reconstruir como bosques, cuerpos de agua (lagos, ríos, lagunas, etc.), campos agrícolas y/o nieve. La superposición recomendada para la mayoría de los casos es de al menos 60% de solapamiento frontal (con respecto a la dirección de vuelo) y al menos 70% de superposición lateral (entre las líneas de vuelo). Se recomienda:

- Tomar las imágenes con un patrón de cuadrícula regular (Figura 09).
- Mantener la cámara, en lo posible, a una altura constante sobre el terreno/objeto para garantizar el GSD deseada.

Figura 9: Patrón de vuelo fotogramétrico tradicional



FUENTE: Manual de Pix4D Mapper

BOSQUES Y VEGETACION DENSA

Los árboles y la vegetación densa a menudo tienen una apariencia muy diferente entre las imágenes traslapadas debido a su compleja geometría (miles de ramas y hojas). Por lo tanto, es difícil extraer puntos característicos comunes (puntos clave) entre las imágenes. Para lograr buenos resultados, se recomienda utilizar un plan de adquisición de imágenes en rejilla como el descrito en el caso general con algunas consideraciones adicionales:

- Aumentar la superposición entre las imágenes al menos a 85% de superposición frontal y 70% de superposición lateral.
- Aumentar la altura de vuelo. A mayor altitud, hay menos distorsión de la perspectiva (por lo tanto causando menos problemas de apariencia) y la vegetación densa tiene mejores propiedades visuales. En otras palabras, es más fácil de detectar similitudes visuales entre las imágenes superpuestas en tales áreas. Algunos autores señalan que los mejores

resultados en la restitución de terrenos con características similares se obtienen con un GSD mayor que 10 cm/pixel.

TERRENOS PLANOS CON CAMPOS DE AGRICULTURA

En casos donde el terreno es plano con contenido visual homogéneo como campos dedicados a la agricultura, es difícil extraer puntos característicos comunes (puntos clave) entre las imágenes. Para lograr buenos resultados, se recomienda utilizar un plan de adquisición de imágenes en rejilla como el descrito en el caso general mediante la aplicación de los siguientes cambios:

- Aumentar la superposición entre las imágenes al menos a 85% de superposición frontal y 70% de superposición lateral.
- Volar más alto. En la mayoría de los casos, volando más alto se mejoran los resultados.
- Tener una precisa geolocalización de las imágenes.

RECONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS

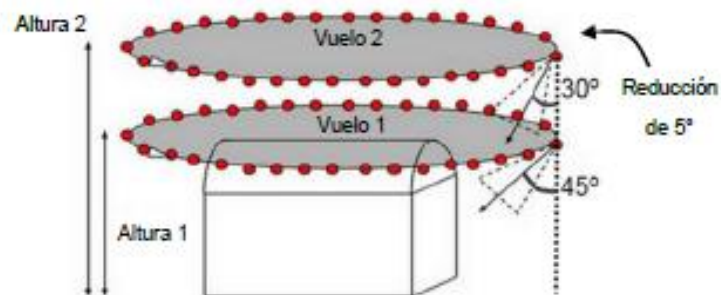
La reconstrucción de edificios en 3D requiere un plan de adquisición de imagen específica (Figura 10):

- Realizar un vuelo alrededor de la construcción en primera instancia con un ángulo de la cámara de 45°.
- Volar una segunda y tercera vez alrededor del edificio aumentando la altura de vuelo y disminuyendo el ángulo de cámara con cada ronda.
- Se recomienda tomar una imagen cada 5-10 grados para asegurar un solapamiento suficiente, dependiendo del tamaño del objeto y la distancia

a la misma. Distancias pequeñas y objetos más grandes requieren que la captura de imágenes se haga cada vez con menos grados.

Es posible combinar imágenes aéreas nadir y/u imágenes aéreas oblicuas y/o imágenes terrestres. Las imágenes deben tener suficiente superposición en cada conjunto de datos y entre conjuntos de datos.

Figura 10: Patrón de vuelo fotogramétrico circular



FUENTE: Manual de Pix4D Mapper

CASOS ESPECIALES

Estas consideraciones son aplicables para algunos terrenos difíciles de trazar como terrenos con nieve, arena y cuerpos de agua (océanos, lagos, ríos, etc.).

- Nieve y arena: La nieve y la arena tienen poco contenido visual debido a las áreas uniformes de gran tamaño. Por lo tanto:
 - Aumentar la superposición entre las imágenes al menos a 85% de superposición frontal y 70% de superposición lateral.
 - Establecer los ajustes de exposición con el fin de obtener el mayor contraste posible en cada imagen.

- Cuerpos de agua: Las superficies de agua casi no tienen contenido visual debido a las grandes zonas uniformes. El reflejo del sol sobre el agua y las olas no se puede utilizar para la coincidencia visual. Por lo que:
 - Los océanos son imposibles de reconstruir.
 - Para reconstruir otras superficies de agua tales como ríos o lagos, cada imagen tiene que tener zonas de la tierra. Volar más alto puede ayudar a incluir más zonas de la tierra.

MAPEO DE CORREDORES

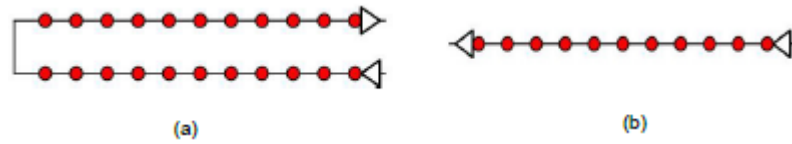
El mapeo de corredores tales como ferrocarriles, carreteras o ríos requiere al menos 2 líneas de vuelo (Figura 11a).

- Para vuelos con únicamente dos líneas se recomienda utilizar al menos 85% de solapamiento frontal y al menos 60% de superposición lateral.
- Es posible utilizar imágenes nadir o imágenes oblicuas con un ángulo entre 0° y 45° apuntando en ambas pasadas al centro del corredor (para terreno llano, se recomienda el uso de imágenes de nadir).

Si un plan de adquisición de imágenes de dos pasadas no es posible, puede usarse un plan de adquisición de una sola línea (Figura 11b) de vuelo si:

- La superposición es lo suficientemente alta: Al menos el 85% de solapamiento frontal.
- Puntos de apoyo terrestre (GCP) se definen a lo largo de la línea de vuelo.

Figura 11: Patrón de vuelo propuesto para corredores. (a) Patrón de vuelo de dos líneas. (b) Patrón de vuelo de una sola pasada



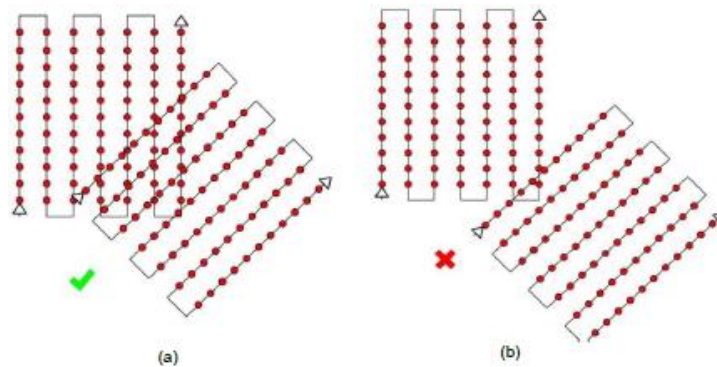
FUENTE: Manual de Pix4D Mapper

MULTIPLES VUELOS

Si las características de la aeronave no permiten la adquisición de todas las fotografías necesarias para cubrir la zona de interés en un solo vuelo, se deberán ejecutar los vuelos necesarios y procesar las imágenes tomadas en varios vuelos. En el diseño de los diferentes planes de adquisición de imágenes se debe comprobar que:

- En cada plan de captura las imágenes se tomaron con el suficiente traslape (según se establece en los numerales anteriores).
- Hay suficiente superposición entre los 2 planes de adquisición de imágenes (Figura 12). Este criterio facilitara la reconstrucción en conjunto de ambos vuelos.

Figura 12: Traslape entre misiones múltiples. (a) Suficiente traslape entre vuelos. (b) Traslape insuficiente entre vuelos



FUENTE: Manual de Pix4D Mapper

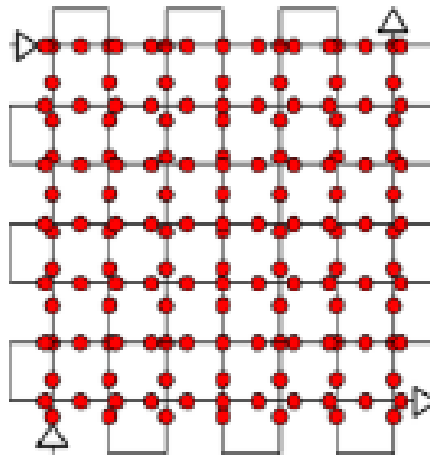
- Los diferentes planes se toman tanto como sea posible en las mismas condiciones (dirección del sol, condiciones meteorológicas, sin nuevas construcciones, etc.).
- La altura de vuelo no debe ser demasiado diferentes entre los vuelos, ya distinta altura conduce a diferente resolución espacial.

RECONSTRUCCIÓN DE UNA CUIDAD (FACHADA VISIBLE)

La reconstrucción en 3D de áreas urbanas requiere:

- Un plan de adquisición de imágenes de rejilla doble, esquematizado en la Figura 13, de manera que todas las fachadas de los edificios (norte, oeste, sur, este) sean visibles en las imágenes.
- El traslape debe ser el mismo que en el caso general.
- Para las fachadas sean visibles, las imágenes deben ser tomadas con un ángulo de entre 10° y 35° . Si se necesita mucho detalle, se deben combinar imágenes aéreas y terrestres. Es posible combinar imágenes aéreas nadir y/u imágenes aéreas oblicuas y/o imágenes terrestres.
- Las imágenes deben tener suficiente superposición en cada conjunto de datos y entre conjuntos de datos.

Figura 13: Plan de vuelo de rejilla doble



FUENTE: Manual de Pix4D Mapper

CASOS ADICIONALES

Algunas situaciones que pueden presentarse y que no exhiben una relación directa con trabajos topográficos son:

RECONSTRUCCIÓN 3D DE INTERIORES

Para la reconstrucción de interiores en edificios se recomienda:

- El uso de imágenes terrestres.
- Tener alta superposición (90%). Por lo tanto, se recomienda utilizar una cámara de lente de ojo de pez.
- Colocar puntos de coincidencia manuales durante el procesamiento (Manual Tie Points) lo que permite mejorar la reconstrucción y ayuda a ajustar correctamente el modelo.

RECONSTRUCCIÓN MIXTA

Es posible combinar imágenes aéreas nadir así como las imágenes aéreas oblicuas y/o imágenes terrestres. Las imágenes deben tener suficiente

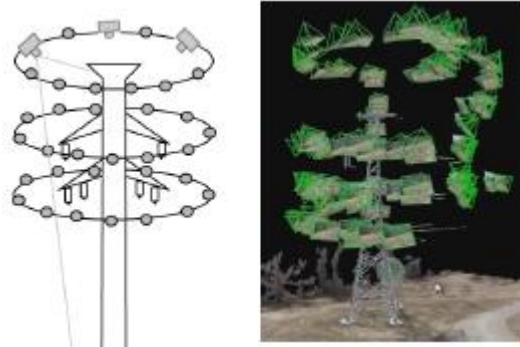
superposición en cada conjunto de datos y entre conjuntos de datos. Para estos casos se recomienda encarecidamente el uso de GCP o Manual Tie Points para ajustar adecuadamente los diferentes conjuntos de imágenes.

RECONSTRUCCION DE OBJETOS VERTICALES GRANDES

La reconstrucción 3D de objetos como las torres de energía, turbinas de viento, etc. requiere un plan de adquisición de imagen específica (figura 32):

- Volar cerca de la estructura.
- Volar alrededor de la estructura varias veces a diferentes alturas (Puede ser formando una espiral o círculos a diferentes alturas).
- Las imágenes deben ser tomadas con un alto grado de superposición. 90% de solapamiento entre las imágenes tomadas a la misma altura y 60% de solapamiento entre las imágenes tomadas en diferentes alturas.
- El ángulo óptimo de la cámara para el círculo superior es de 45 grados. Al señalar al suelo, el contenido de las imágenes es más fácil de ser emparejado y los resultados son mejores.
- Las imágenes deben estar lo más enfocadas posibles (se debe enfocar tanto el objeto principal como el fondo).
- Se recomienda tomar imágenes georreferenciadas.

Figura 14: Plan de vuelo circular aplicado a elementos verticales altos



FUENTE: Manual de Pix4D Mapper

RECONSTRUCCIÓN DE UN TUNES

El mayor desafío para la reconstrucción del túnel es la condición de la iluminación. Si la iluminación es buena, ya sea con luz natural (si el túnel no es demasiado largo) o con la luz técnica, la reconstrucción podría ser muy buena.

Se recomienda:

- En el caso de túneles muy oscuros, se recomienda utilizar un trípode.
- Usar cámara con un lente ojo de pez.
- Tomar imágenes en más de una línea. Si un plan de adquisición de imágenes de múltiples líneas no es posible, se podrá usar un plan de una sola línea y se recomienda la utilización de GCP en este caso.

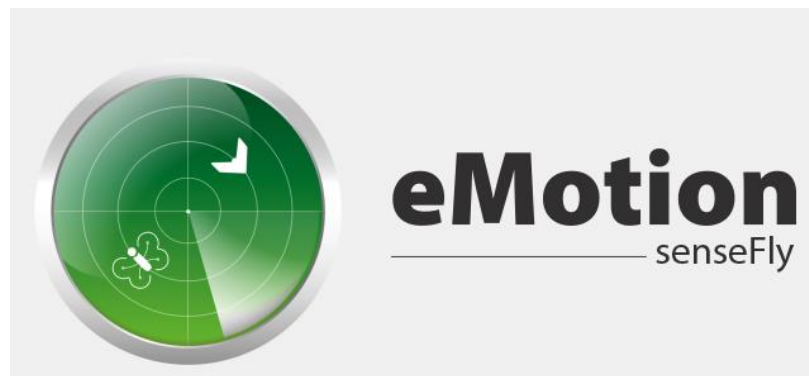
2.5.3. PLAN DE VUELO CON EL SOFTWARE EMOTION 3

En la presente investigación todo correspondiente a la planificación del vuelo del dron Ebee Plus para el levantamiento aerofotogrametrico se realizó en el software Emotion 3.

Para determinar el procedimiento y requisitos mínimos se estableció una correcta planeación del vuelo para el dron Ebee Plus y el geoetiquetado de las imágenes en el software Emotion 3.

El Emotion 3 es un software suizo muy sofisticado creado por la empresa Sensefly, y compatible con los drones de ala fija como el Ebee Plus, con este software se podemos planificar y controlar el vuelo desde nuestro ordenador, y ayuda a simplificar el trabajo de campo, dado que nos permite planificar la misión en una oficina, y una vez en campo simplemente cargar la misión al dron Ebee Plus, lanzarlo y supervisar que todos los procedimientos se desarrollen correctamente.

Figura 15: Software eMotion 3 de Sensefly



FUENTE: Página oficial de Sensefly

El software Emotion 3 también nos ofrece la opción de planificación 3D, que permite planificar las misiones considerando las elevaciones del terreno, lo que permite otorgar una alta precisión a la misión, realizar vuelos más seguros, aumentar el rendimiento y mejorar la calidad de los datos. Además este software se conecta de manera inalámbrica al dron Ebee Plus a través del radio modem y actualizar los datos en tiempo real lo que nos permite conocer la velocidad, dirección del viento, tiempo de vuelo y porcentaje de batería restante.

El software Emotion 3 nos deja trabajar diferentes bloques de misiones de forma individual, o planificar una misión compuesta por varios bloques, solo se necesita supervisar que la misión se desarrolle según lo planeado y estar muy pendientes del cambio de batería, y el software Emotion 3 nos indicara cuando hacerlo.

Este software nos permite que una vez realizado el cambio de batería, podemos reanudar la misión desde el último punto alcanzado con anterioridad.

Emotion 3 nos dará diversas posibilidades de visualizar los mapas a través de diferentes servidores, permitiéndonos elegir el que más nos convenga para un determinado vuelo del dron Ebee Plus según la ubicación del proyecto.

Por otro lado, una vez realizado el vuelo, el software nos permitirá georeferenciar las imágenes obtenidas, lo cual nos será muy útiles posteriormente para trabajar en los programas de post procesamiento como el Pix4d Mapper.

En conclusión el software Emotion 3 nos permite:

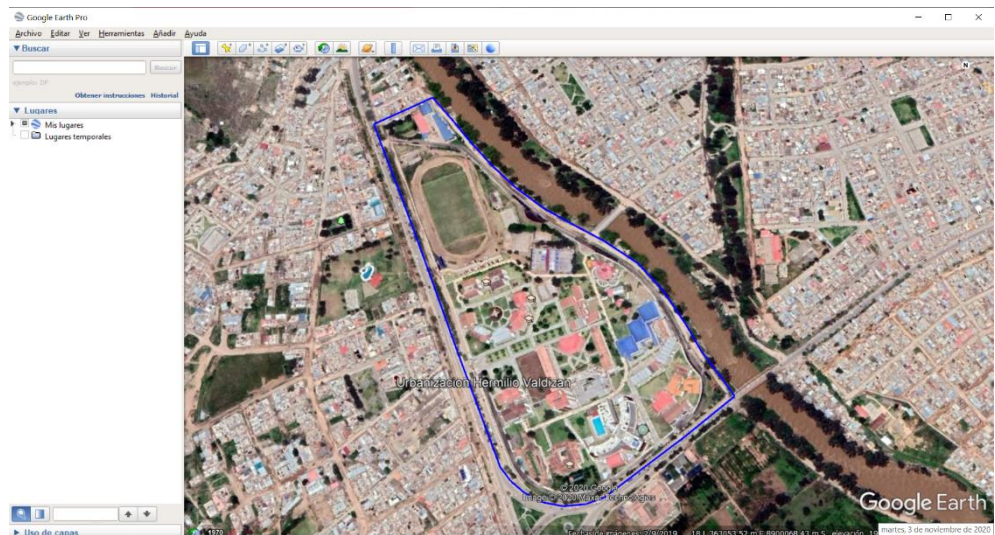
- Planear el vuelo no tripulado.
- Controlar remotamente el dron Ebee Plus durante el vuelo.
- Realizar simulaciones de vuelos no tripulados.
- Geotiquetado de las imágenes tomadas en el vuelo del dron Ebee Plus.

2.5.3.1. CREAR KML DEL AREA DE TRABAJO

En primer lugar, para dar inicio a nuestro plan de vuelo en el software Emotion 3, hay que obtener el polígono del área donde se realizará el vuelo, el cual debe estar en un archivo tipo KML, esto se puede realizar en los softwares ArcGis y Google Earth, en el desarrollo de esta investigación se utilizó el programa de Google Earth, con el cual

obtuvimos en área de nuestra zona de estudio que es la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

Figura 16: Área de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan en archivo KML.

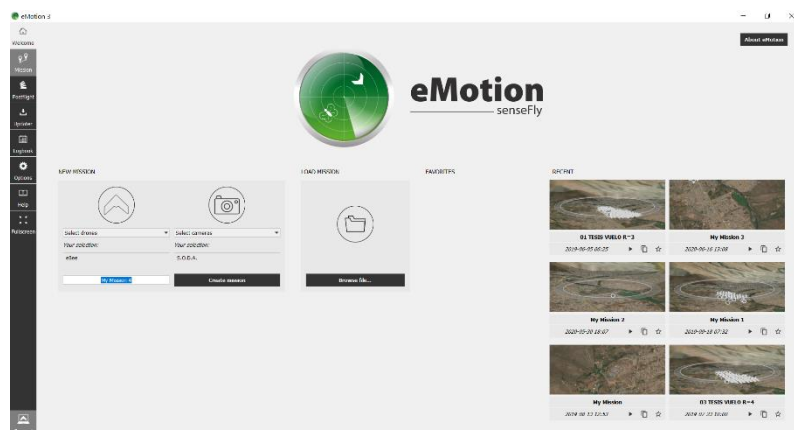


FUENTE: Elaboración Propia

2.5.3.2. CREACION DE UNA MISIÓN

A continuación, se describirán las opciones de la ventana de inicio para crear una misión nueva.

Figura 17: Inicio del software Emotion 3.

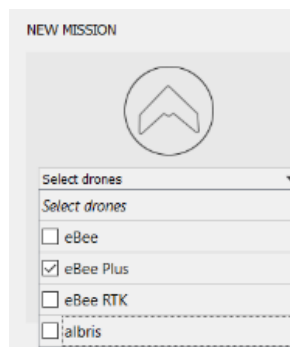


FUENTE: Elaboración Propia

Para empezar a crear una misión se debe realizar los siguientes procedimientos en la ventana de la figura (17):

- Seleccionar el tipo de dron disponible de la ventana desplegable con el que se va a realizar el plan de vuelo; en nuestra investigación se realizó con el dron Ebee Plus.

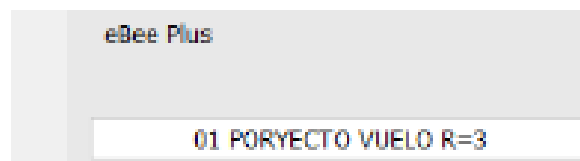
Figura 18: Selección del dron Ebee Plus



FUENTE: Elaboración Propia

- Se le asigna un nombre al plan de vuelo para poder realizar las configuraciones y modificaciones al archivo con el nombre correcto.

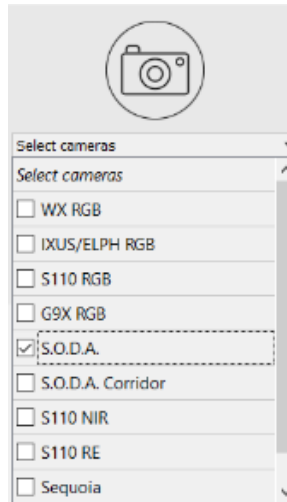
Figura 19: Selección del nombre del proyecto con el que identificaremos el vuelo.



FUENTE: Elaboración Propia

- Se selecciona el tipo de cámara disponible de la ventana desplegable con el que se va a realizar el plan de vuelo, esta investigación se realizó con el dron Ebee Plus, el cual lleva internamente una cámara S.O.D.A.

Figura 20: Selección de la cámara del dron con la que se realizara el vuelo.

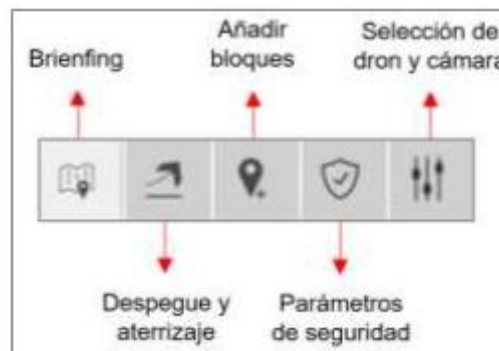


FUENTE: Elaboración Propia

2.5.3.3. MISIONES EN EMOTION 3 PARA PLANEACIÓN DE VUELOS

En el módulo Misión se despliegan cinco pestañas en las cuales se ingresarán los datos Correspondientes para realizar una correcta planeación del vuelo (Figura 9).

Figura 21: Pestañas disponibles del módulo Misión.



FUENTE: Elaboración Propia

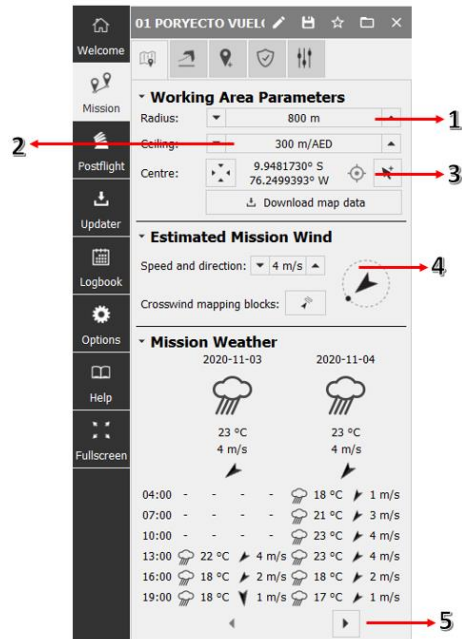
2.5.3.3.1. BRIENFLING O INSTRUCCIONES

En la primera pestaña Brienfing / Instrucciones, aquí se establecen los parámetros del área de trabajo (jaula) en el cual se acondicionará la zona de seguridad del

vuelo, estos parámetros son muy importantes ya que aquí definiremos el radio, la altura del techo de vuelo y el centro donde

- **Seleccione el Radio (1)**, el cual hace referencia a la cobertura horizontal que tendrá el vuelo el cual debe ser lo suficientemente amplio para que el polígono quede inmerso en él.
- **Seleccione la altura del Techo (2)**, este indica la altura máxima donde no haya ninguna línea de vuelo superior a este valor, así como también evita que el dron supere en vuelo este techo.
- **Seleccione el Centro (3)**, el cual será el punto de origen del radio, puede ser ingresado seleccionando con un clic sobre el mapa mediante la opción o se puede ingresar las coordenadas del punto si se tienen.
- En cuanto a la planeación del viento estimado y clima el software mediante conexión internet configura automáticamente los datos en la zona de trabajo, o se utilizan los datos que proporciona de velocidad del **Viento estimado (4)** y **Meteo (5)** de fuentes confiables como el IDEAM.

Figura 22: Pestañas Berinfing

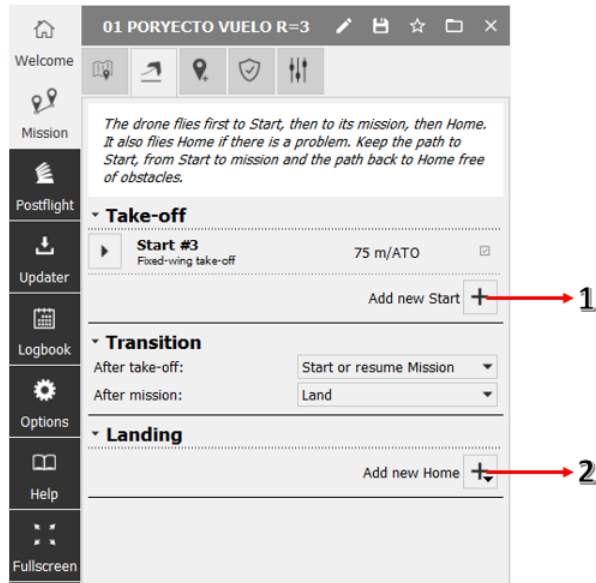


FUENTE: Elaboración Propia

2.5.3.3.2. DESPEGUE Y ATERRIZAJE

En la pestaña Despegue y Aterrizaje se selecciona el punto en donde se planeará el despegue y el aterrizaje del dron Ebee Plus, estos puntos pueden ubicarse en el mismo lugar o pueden estar separados, esto va a criterio del piloto. **Agregue los puntos de inicio (1) y los de puntos de aterrizaje lineal (2) que sean necesarios.**

Figura 23: Agregar puntos de Inicio y Aterrizaje

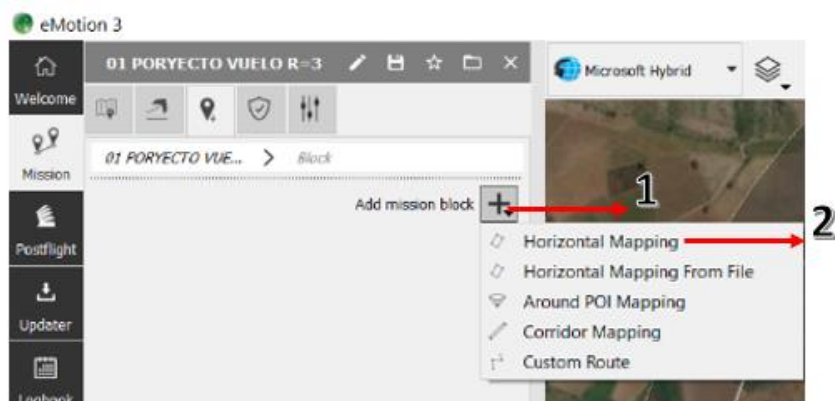


FUENTE: Elaboración Propia

2.5.3.3.3. AÑADIR BLOQUES

En esta pestaña se crean las líneas de vuelo para el área donde se desea realizar el levantamiento aerofotogrametrico. Seleccione el botón Añadir bloque nuevo (1) y elija la opción Mapeado horizontal (2).

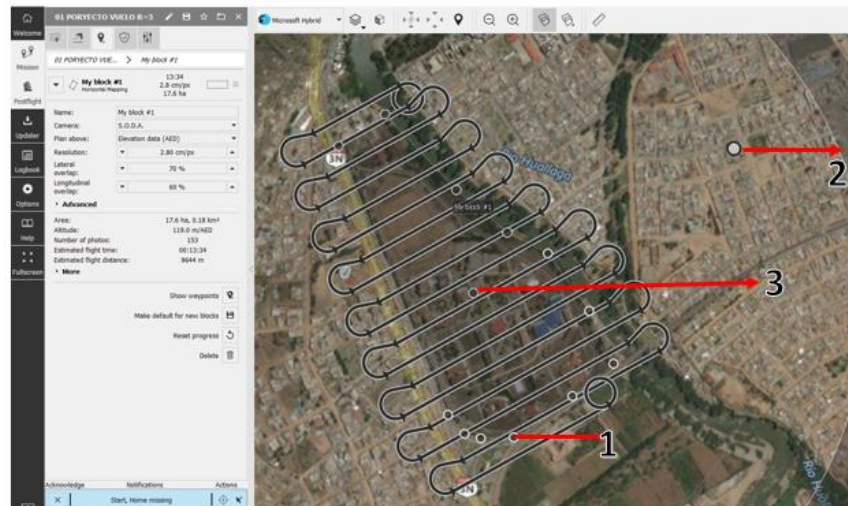
Figura 24: Ventana de creación de bloque para el plan de vuelo



FUENTE: Elaboración Propia

Seguido a esto, se ubica en el mapa donde desea colocar el bloque para realizar el levantamiento aerofotogrametrico, luego se configura el área desplazando los puntos extremos del bloque (1) e indique la orientación de las líneas de vuelo en el sentido que corresponda con el punto localizado en el círculo exterior (2), si se desea desplazar el bloque, solamente se da clic sobre el punto localizado en el centro del bloque (3) y manteniendo oprimido cursor desplácelo a la zona que desee reubicar.

Figura 25: Modificación del bloque

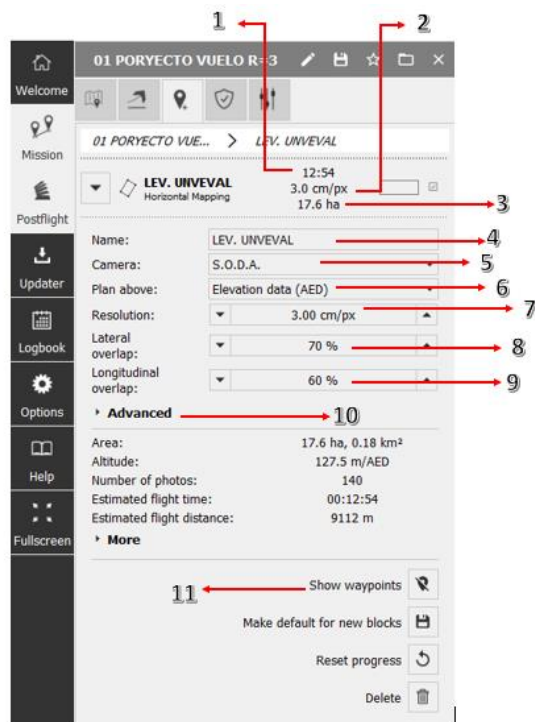


FUENTE: Elaboración Propia

NOTA 01: Se pueden realizar más de un bloque por área de trabajo para realizar el levantamiento aerofotogrametrico, pero todos deben tener el mismo sentido de líneas de vuelo, esto para posteriormente realizar el respectivo procesamiento de las imágenes en el software Pix4D.

NOTA 02: En zonas montañosas hay que tener en cuenta que la dirección de las líneas de vuelo debe seguir el sentido de la montaña, para evitar que las imágenes tengan diferentes GSD y resolución por pixel.

Figura 26: Configuración del bloque



FUENTE: Elaboración Propia

En la figura (26) tenemos los parámetros para la configuración del bloque para el levantamiento aerofotogrametrico.

- Se puede observar el tiempo que tardara el dron Ebee Plus en realizar el recorrido de las líneas de vuelo (1).
- La resolución que tendrán las imaginas en relación al terreno levantado mediante la aerofotografía (2).
- Tenemos también el área del bloque que el dron Ebee Plus recorrerá en mérito al vuelo aerofotogrametrico (3).
- Se recomienda Configure el nombre del bloque para así identificar claramente el área a trabajar cuando carguemos los datos al dron (4).

- En esta casilla se selecciona la cámara a utilizar para el levantamiento aerofotogramétrico, esto está relacionado al tipo de dron que se utilizara (5).
- Se selecciona el tipo de medida de elevación con la que se desea planear el vuelo (Fija, AED y ATO), se recomienda realizar el vuelo en el sistema AED, ya que tiene un mejor funcionamiento al momento de leer las elevaciones del terreno (6).
- En esta opción se especifica la resolución en que tendremos que volar el dron Ebee Plus para realizar el levantamiento fotogramétrico, esto de acuerdo a las especificaciones que el cliente requiera (7)
- De igual manera se configura el solape lateral y longitudinal, esta configuración dependerá del tipo de terreno, según la clasificación ya mencionado anteriormente en el capítulo 2.6.2.3. (8) y (9).
- En configuraciones Avanzadas (10) se puede seleccionar si se desea invertir el inicio de las líneas de vuelo, si se desean agregar líneas perpendiculares y líneas de vuelo entrelazadas.
- En la última sección muestra la información general del bloque, esta información es vital para el piloto ya que con ella puede estimar de acuerdo al tiempo que tarda el dron en recorrer las líneas de vuelo, cuantas sesiones se pueden llevar a cabo para completar el bloque dependiendo de la durabilidad de las baterías. Es aquí donde el criterio del piloto define si desea agrandar o recortar el recorrido del bloque.

- En las opciones finales se pueden visualizar o apagar los waypoints y así mismo editarlos manualmente en la zona del mapa (11).

NOTA 03: Una batería 100% cargada tiene una estimación de vuelo de 1 hora, sin embargo, esto varía dependiendo del clima y el tiempo que muestra el software no cuenta el lapso de despegue y aterrizaje.

NOTA 04: En general se establecen puntos de Inicio y Home por cada bloque, esto va por criterio del piloto. Se toma esta medida para asegurar que cada misión por bloque cubra la mayor área posible teniendo presente la duración de las baterías.

2.5.3.3.4. PARAMETROS DE SEGURIDAD

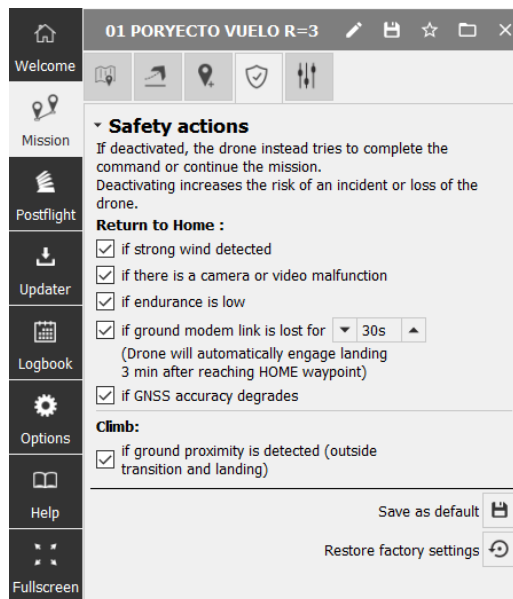
En esta ventana se programan las condiciones para que el dron Ebee Plus se dirija al punto de aterrizaje, esto con el fin de prevenir un incidente, pérdida del dron o toma de datos con baja precisión (Figura 27), las opciones seleccionadas se pueden establecer como predeterminadas o restablecer la configuración de fábrica, preferiblemente se recomienda seleccionar todas las opciones. Las opciones son:

- Si se detecta viento fuerte: Al seleccionarlo el dron automáticamente al detectar vientos superiores a 12 m/s toma curso al punto Home.
- Si hay un fallo en la cámara o el vídeo: Si no se selecciona se corre el riesgo de capturar información de baja o nula calidad.
- Si el nivel de batería es bajo: Si no se selecciona se puede apagar el dron durante el vuelo, de lo contrario el dron automáticamente en un 30% de

batería da la alerta al piloto, con un 20% de batería el dron regresa automáticamente al punto Home.

- Si perdida de enlace durante (30s): A causa de obstáculos en la zona se puede perder el enlace con el dron Ebee Plus, como medida preventiva al seleccionar esta opción el dron regresará a Home si pierde conexión durante el tiempo establecido, el rango posible es 5 a 300 segundos. El dron Ebee Plus tiene un radio de alcance de 3 km antes de perder la señal de Home.
- Si se detecta la proximidad del terreno (fuera transición y aterrizaje): Tener activada esta opción evita la colisión y pérdida del dron.

Figura 27: Parámetros de Seguridad



FUENTE: Software Emotion 3

2.5.3.4. GEOTIQUETADO DE IMAGENES

2.5.3.4.1. CREAR PROYECTO

En la primera sección indicar si se utilizó el mismo computador para realizar el vuelo, si se eligió la opción "YES" se debe seleccionar el día que se realizó el vuelo aerofotogrametrico (1), sin embargo, en cualquier de los casos se selecciona la opción No, puesto que al indicar la opción contrariar lo que hará eMotion 3 es utilizar los archivos backups que ha guardado mientras se realizó el vuelo; estos archivos suelen estar incompleto dado que en cualquier momento del vuelo el dron puede perder señal del receptor y estos datos no se registran en los backups.

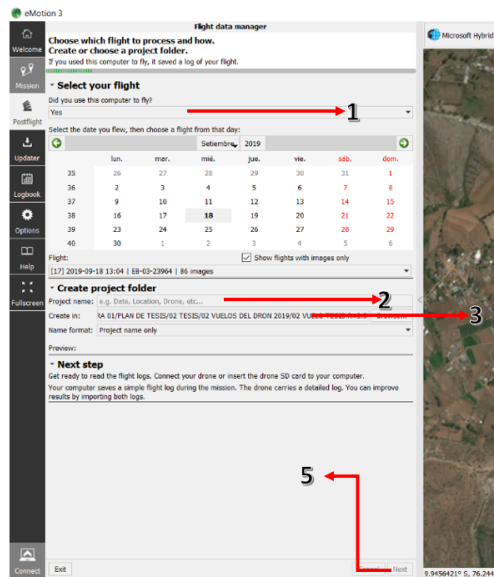
En la segunda sección indicar el nombre del proyecto (2), se indica la carpeta en la que se desean guardas las imágenes geo-etiquetadas, en este paso se recomienda crear una carpeta individual para cada vuelo del dron Ebee Plus (3) y se indica el tipo de formato que va a tener el proyecto (4), entre estos están: Nombre del proyecto solamente, Fecha del vuelo + Nombre del proyecto y Fecha del vuelo + Nombre de usuario + Proyecto. Al finalizar seleccione la opción Siguiente (5).

Se recomienda utilizar la última opción puesto que normalmente cada misión tiene varios registros de vuelo (.Bb3) y para diferenciarlos en la opción Nombre de Usuario se indica el código del bloc de vuelo, así tendremos los archivos bien diferenciados y no habrá confusión a la hora del post procesamiento.

Luego de realizar el levantamiento aerofotogrametrico con el dron Ebee Plus en la universidad nacional Hermilio Valdizan, se recomienda una vez en la oficina

retirar las imágenes de la cámara del dron, así como también los archivos (.Bb3), ya que estos son muy importantes para este procedimiento de geoetiquetado de las imágenes.

Figura 28: Crear carpeta de proyecto

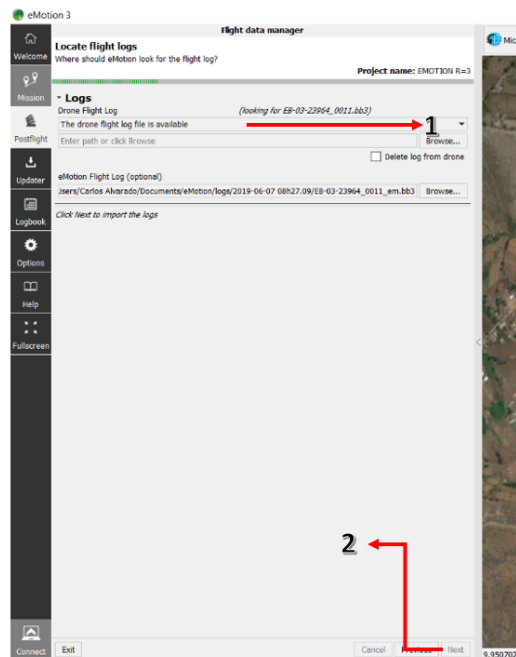


FUENTE: Elaboración propia

2.5.3.4.2. REGISTROS

Seleccione la opción “el archivo de registro de vuelo del dron está disponible” ya que al seleccionar esta opción, se puede seleccionar la ruta del archivo de registro de vuelo del dron Ebee Plus *.Bb3 (1) con la cual se geoetiquetará las imágenes, si se selecciona la otra opción, se buscará la opción de subir el archivo temporal (Embb3) que ha guardado eMotion 3 como una copia de seguridad, el cual no es necesario dado que la información del archivo Bb3 ya cuenta con la información completa. Al finalizar seleccione la opción Siguiente (2).

Figura 29: Ventana de registro de vuelo

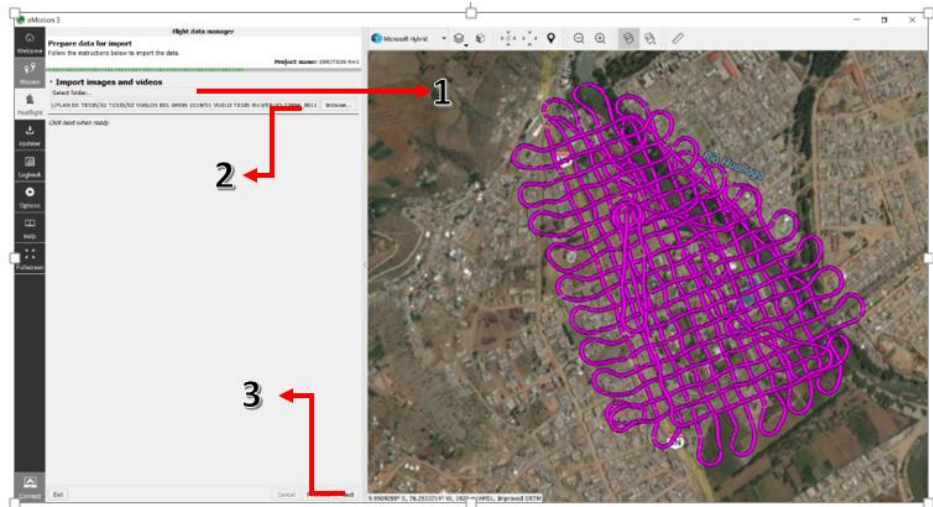


FUENTE: Elaboración propia

2.5.3.4.3. IMPORTAR IMAGENES

En este paso se elige donde se encuentran las imágenes no procesadas tomadas en el vuelo del dron Ebee Plus en el levantamiento aerofotogrametrico, si las imágenes se encuentran en un dispositivo USB, SD o en una carpeta del ordenador, o si no se desea importar ninguna imagen (1), luego se procede con cargar la ruta de acceso a las imágenes (2) y una vez realizados los dos pasos anteriores solamente queda dar Siguiente para proceder con los siguientes pasos (3).

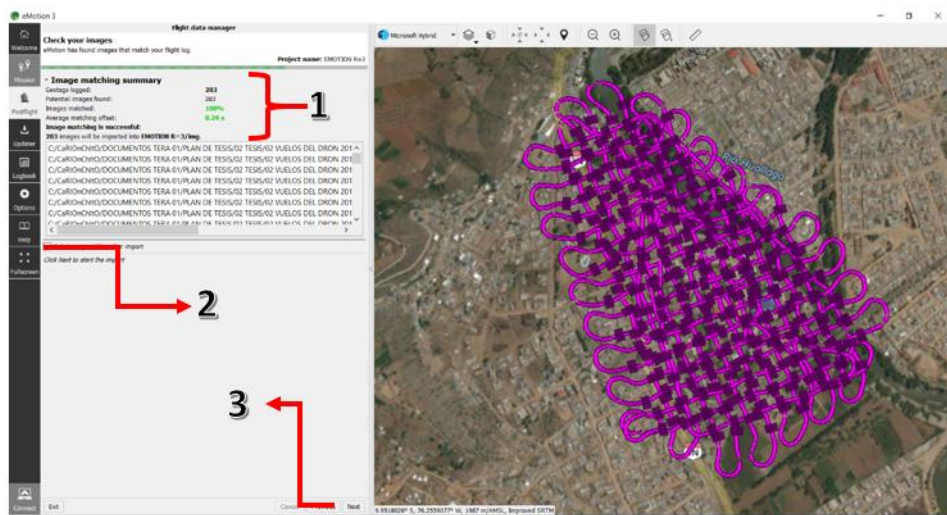
Figura 30: Ventana de importación de imágenes



FUENTE: Elaboración propia

Una vez cargadas las imágenes el software verifica el número y porcentaje de imágenes encontradas y combinadas, respectivamente (1). Al final da la opción de eliminar las imágenes importadas (2), sin embargo, es preferible guardar este recurso por si se presenta algún error posteriormente o si se les desea dar otro fin. Al finalizar seleccione la opción Siguiente (3).

Figura 31: Resumen de imágenes cargadas



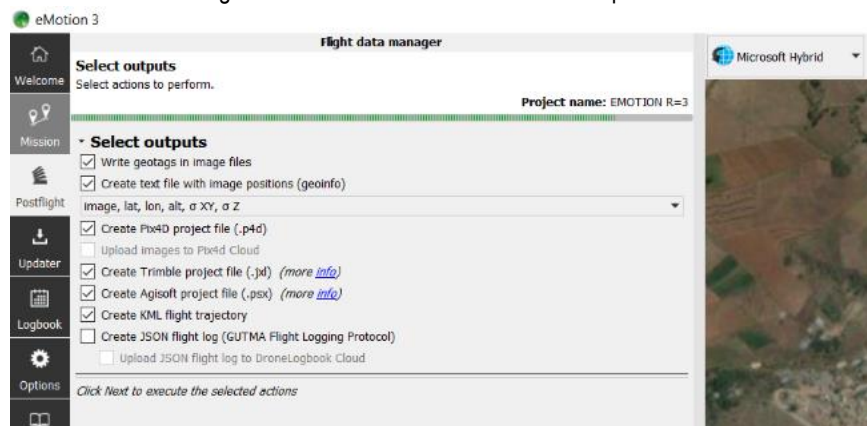
FUENTE: Elaboración propia

2.5.3.4.4. SELECCIONAR OUTPUTS

En la última sección se pueden elegir los archivos de salida extras que se desean obtener para el análisis post proceso en el programa Pix4D Mapper, entre las opciones están:

- Escribir geoetiquetas en archivos de imagen.
- Crear un archivo de texto con posiciones de imagen (geoinfo): Con este archivo de los fotocentros se podrá utilizar para generar un shape file en donde se podrán ajustar las imágenes y posteriores realizar análisis estadísticos.
- Crear archivo de proyecto Pix4D: Si desea seguir con el proceso de generación de la ortofoto en este software da la opción de crear un proyecto por cada registro del vuelo del dron.
- Crear trayectoria de vuelo KML: En el archivo se podrá visualizar la trayectoria de la misión y las imágenes en la posición que fueron tomadas.
- Crear registro de vuelo JSON: Genera un archivo de categoría website, se utiliza para almacenar estructuras de datos simples del vuelo utilizando un formato basado en texto legible por el usuario.

Figura 32: Ventana de salida de datos Outputs



FUENTE: Elaboración propia

Una vez seleccionado los outputs, podrá visualizar los productos obtenidos del geo-etiquetado de las imágenes, también podrá abrir los outputs: proyecto Pix4D, el KML y la carpeta en donde se encuentran los productos.

Una vez terminado este proceso podrá seguir procesando los siguientes registros de vuelo hasta completar la misión de vuelo del dron Ebee Plus

2.5.4. APOYO TOPOGRAFICO DE VUELO

La toma de datos y procesamiento de los puntos de apoyo es lo que se suele denominar como "apoyo del vuelo". El número y distribución de puntos de apoyo y puntos de control dependerá del número de fotografías necesarias para cubrir toda la zona de estudio y de la distribución y características de la misión del vuelo aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan

La toma de datos topográficos consiste en la medición de las zonas necesarias para realizar el levantamiento del perímetro, que servirán como puntos de control (Check Points), y en la obtención de las coordenadas de los puntos de apoyo (GCPs) sobre el terreno necesarios para realizar la aerotriangulación. Dichos puntos deber ser

identificables en las fotografías y ubicarse en zonas descubiertas. Los puntos deberán tener posición planimétrica y altimétrica para poder usarse en la elaboración del modelo digital del terreno (MDT). La determinación de las coordenadas planimétricas y altimétricas de estos puntos se conoce con el nombre de apoyo de campo. En la realización de los trabajos topográficos y geodésicos que lleva consigo la fotogrametría es necesario utilizar métodos e instrumentos que agilicen al máximo la eficiencia y precisión de esta fase.

El presente estudio se referirá al levantamiento aerofotogramétrico con el apoyo de los puntos de control o GCP (Ground Control Point), como aquellos a ser utilizados para ajustar la precisión, exactitud y orientación del modelo de la superficie y que son identificables en las fotografías; los puntos de control son aquellos puntos con coordenadas que se utilizarán para comprobar la precisión del levantamiento y cubrir los fallos propios de la técnica.

2.5.4.1. PUNTOS DE CONTROL (GCP)

Para que el vuelo sea directamente relacionable con el terreno (es decir pueda ser georreferenciado) se precisa la adquisición de puntos de apoyo, cuya posición deberá ser descrita completamente (x, y, z).

Al usarse GCP se debe considerar lo siguiente:

- Número y distribución de los GCPs
- La técnica de adquisición de los GCPs

Sabiendo que en términos generales se recomienda agregar GCPs para hacer un proyecto más estable y preciso, el número de GCPs dependerá de la precisión relativa de las coordenadas de las fotografías.

Para llevar a cabo el ajuste es necesario colocar como mínimo tres GCP y cuando son proyectos grandes se recomienda utilizar un mínimo de 5 (5 a 9 GCP suelen ser suficientes aún para grandes proyectos). Se pueden colocar más puntos de apoyo pero esto no ayudará de manera significativa a mejorar el resultado, al igual que no lo afectará negativamente tener muchos GCPs.

Ya que el número mínimo de puntos de apoyo necesarios para la realización del proceso de restitución sería de 3 (teniendo en cuenta la posibilidad de que existiera algún error en alguno de estos puntos), se consideran necesarias para proceder a una restitución fiable las coordenadas planimétricas y altimétricas de cuatro puntos de apoyo fotogramétrico y la cota altimétrica de un punto más, para un buen ajuste del modelo.

En proyectos con imágenes georreferenciadas los GCPs aumentan la precisión absoluta del proyecto, desplazando el modelo a su posición exacta en la Tierra. Estos reducen el error debido a la incerteza del GPS de metros a centímetros.

En los proyectos sin imágenes georreferenciadas los GCPs son requeridos si se necesita una salida de datos georreferenciada. Si ese es el caso, los GCPs corregirán la escala, orientación y la posición del modelo. Adicionalmente los GCPs aumentan la precisión relativa de los resultados así como de la reconstrucción del modelo 3D.

Un GCP no debe ser más preciso que 1/10 del GSD. Por ejemplo, si el GSD es 10cm, la precisión del GCP no debe ser inferior de 1cm, ya que ellos no podrán ser marcados en las imágenes con dicha precisión.

2.5.4.2. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE APOYO

La ubicación de los puntos de apoyo se realizó a partir de la vista satelital del terreno, teniendo en cuenta que deben quedar bien distribuidos en área del proyecto. Debido a lo desactualizado de las vistas satelitales será necesario proyectar la ubicación de las marcas y evaluar su factibilidad en una inspección preliminar por la zona de estudio, en la cual se deberán seleccionar aquellas locaciones que brinden mejores resultados así como proponerse nuevas que reemplacen las que no sean útiles.

La elección de puntos de apoyo se hace tomando en cuenta los siguientes criterios:

- El detalle planimétricos deberá ser perfectamente identificable en las fotos.
- Los puntos se elegirán dentro de la zona marcada en el plan de vuelo de modo que estén distribuidos de forma homogénea en el área de interés (Figura 33), con la finalidad de que cumplan los requisitos para la realización de la orientación absoluta del modelo.
- Preferentemente serán un detalle artificial y estable.
- Será conveniente ubicar los puntos altimétricos sobre partes del terreno de muy débil pendiente (lo más horizontal posible), evitando en lo posible los detalles que se presten a una mala puntería estereoscópica.
- No incluir las marcas en los vértices del área del proyecto ya que serán visibles en pocas imágenes

- Cada GCP debe ser identificable en al menos 5 imágenes, esto reducirá la imprecisión que puede generarse al incluir un GCP.

Figura 33: Distribución de los puntos de control en la zona de estudio



FUENTE: Elaboración propia

2.5.4.3. SEÑALIZACION DE LOS PUNTOS DE APOYO

La forma de estos puntos de control adopta generalmente una forma cuadrada, en las que el material utilizado que es el concreto simple, incrustado un objeto que represente el centro de este cuadrado denominado punto de control, que para esta investigación se utilizó tornillos de 10 pulgadas (Ver Figura 34). Estos puntos de control se realizó antes de la planificación del vuelo del dron, debido a que es necesario que estos puntos de control sean visualizados desde el aire por el dron

Ebee Plus, y así poder ubicarlos con facilidad al momento del post procesamiento en el programa Pix4D.

- En primer lugar se procedió a construir los puntos de control con concreto simple, y se incrusto un perno de 10 pulgadas para identificar el centro del cuadrado denominado punto de control.

Fotografía 1: Punto de control de concreto simple



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía 2: Punto de control de concreto simple en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan



FUENTE: Elaboración propia

- Luego se procedió a pintar estos puntos de control de 0.30 m x 0.3 m de color negro y blanco, para poder diferenciarlos desde lo alto del vuelo del dron.

Fotografía 3: Pintado de los puntos de control para mejorar visibilidad



FUENTE: Elaboración propia

- Al observar que estos puntos de control de 0.3 metros x 0.3 metros de concreto simple eran poco visible desde el aire y no se podían distinguir, el centro de estos puntos de control por lo alejado y pequeños que se veían al momento de procesar las imágenes en el software Pix4D, se optó por agrandar la visibilidad del punto de control.
- Se construyó bloques cuadrados de 1.20 x 1.20 metros de triplay, se cortó la parte central para que este encaje perfectamente al punto de control de concreto, con la cual se pintó de forma regular a ambos extremos, se tuvo que dividir en 2 colores la marca, que sea blanco y el otro que sea un color oscuro (negro) para poder ubicar correctamente el centro en las fotografías (punto al cual se le han asignado coordenadas).

Fotografía 4: Elaboración de las lianas rectangulares para agrandar la visualización de los puntos de control.



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía 5: Mejoramiento de los puntos de control con la ayuda de las lianas rectangulares para agrandar la visualización aérea.



FUENTE: Elaboración propia

Las dimensiones de estas señales variarán con el GSD, generalmente las marcas se le colocan dos colores para poder distinguir fácilmente el centro, la marca tiene que ser de 5 a 10 veces mayor que el tamaño del GSD.

Es preferible utilizar la mayor dimensión de la liana para tener una mayor visibilidad en las imágenes e identificarlos con facilidad ya en muchos casos puede haber objetos cercanos y se corre riesgo de confundirlos con la marca.

2.5.4.4. COLOCACION DE LOS PUNTOS DE CONTROL

Cuando se ha identificado el área dónde colocar los puntos de apoyo se procede a la obtención de las coordenadas. Para el ajuste altimétrico, en general, serán buenos todos los situados a nivel del suelo y que no presenten altura sobre el terreno.

Procedimiento para marcas sobre el terreno:

Mediante replanteo se estima la posición propuesta para el punto. Una vez confirmada la utilidad de la posición de la marca y se valida su utilidad como GCP se colocan estacas u otro elemento que permita identificar posteriormente el punto del cual se tienen coordenadas. Después se posiciona el centro de la marca en la estaca y se procede a tomar las coordenadas. En caso que solo se le den coordenadas a la estaca y no queden puestas las marcas, al momento de colocarlas se debe verificar que las marcas queden con el centro en el punto marcado de la estaca para evitar errores y tener mayor precisión.

Procedimiento para marcas zonas construidas:

Para el caso en que las marcas se deban colocar en superficies donde se dificulte colocar una estaca como calles, zonas pavimentadas o aceras se podrá colocar las

marcas y señalar el punto con coordenadas con pintura. Se elige un lugar que pueda ser visible en las fotografías y se le asignan coordenadas con el equipo topográfico. También se podrán utilizar esquinas, intersecciones o cualquier otro elemento artificial que cumpla con las condiciones ya establecidas.

2.5.4.4.1. RESUMEN DE PUNTOS DE CONTROL

En resumen, en la elaboración de esta investigación se plantó la construcción de 09 puntos de control de concreto simple, de geometría cuadrada de 0.3 metros de lado, la cual se distribuyó estratégicamente (ver figura 33) a lo largo y ancho de toda la zona de estudio en el campus de la la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

2.5.5. EJECUCION DE VUELO

La etapa de adquisición de las fotografías mediante el levantamiento aerofotogrametrico realizado con el dron Ebee Plus en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, en el proyecto de vuelo incluye las actividades a realizarse al momento de ejecutar la misión de vuelo, preparación del equipo, movilización a la zona de despegue y aterrizaje, procedimientos de seguridad necesarios para realizar la actividad.

2.5.5.1. DRON EBEE PLUS

Para la elaboración de este trabajo de investigación se utilizó el dron Ebee Plus, que la facultad de ingeniería civil y arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan cuentan actualmente con ella.

El dron Ebee Plus es el dron profesional, más fácil de usar del mercado y lo utilizan continuamente miles de clientes de todo el mundo. Para hacerlo despegar, solo tiene que lanzarlo al aire en dirección contraria al viento.

El dron se encargará de volar, capturar imágenes y aterrizar por sí solo. No obstante, podrá alterar su plan de vuelo siempre que quiera o hacerlo aterrizar de forma manual si es necesario.

El Ebee Plus puede cubrir hasta 12 km² (4,6 mi²) en un solo vuelo automatizado, mientras que sobrevolando áreas más reducidas a altitudes menores puede adquirir imágenes con una distancia de muestreo terrestre (GSD) de hasta 1,5 cm por píxel.

Gracias a su estructura ultraligera, el dron Ebee Plus tiene un peso de solo 700 gr, lo que reduce enormemente su energía de impacto.

También incluye una hélice de propulsión trasera con sistema de seguridad y el innovador piloto automático de SENSEFLY, capaz de adoptar una amplia variedad de comportamientos inteligentes a prueba de fallos.

El paquete del Ebee Plus contiene todo lo que necesita para comenzar a cartografiar: una cámara RGB de alta resolución, baterías, un modem de radio y nuestro aclamado software de planificación y control de vuelo eMotion 3.

Además, viene presentado en una sólida caja adecuada para su transporte. Después solo tendrá que procesar y analizar las imágenes del Ebee Plus con un software profesional como el Pix4D Mapper.

El dron Ebee Plus establece el estándar en cuanto a sencillez de planificación y gestión de vuelos gracias a su prestigioso software eMotion 3.

Se puede generar su mapa base preferido, y se puede utilizar para definir la región que desea realizar el levantamiento aerofotogramétrico. Luego solo tendrá que especificar la resolución de terreno que desee y establecer la superposición requerida para la imagen.

El resto es automático, el Emotion 3 genera por sí solo un plan íntegro de vuelo basado en puntos de referencia de GPS, también calcula la altitud requerida para el DRON Ebee Plus y muestra la trayectoria definida para este procedimiento.

Para garantizar el éxito de su misión, el software Emotion 3 incluye también un modo de simulación que reforzará su confianza. Este vuelo virtual simula la fuerza y dirección del viento y le permite incorporar mejoras a su plan de vuelo antes del lanzamiento.

Pocos drones tienen la facilidad de manejo y control que el Ebee Plus, simplemente agite el dron tres veces para poner en marcha su motor y a continuación lánzelo al aire. No necesita catapulta ni accesorios adicionales.

El software interno del dron Ebee Plus muestra los parámetros de vuelo del aparato, su nivel de batería y el progreso de adquisición de imágenes en tiempo real, mientras la inteligencia artificial integrada en el piloto automático analiza de forma constante los datos IMU (unidad de medición inercial) y GPS a fin de controlar y optimizar el vuelo del dron.

Este piloto automático patentado también es capaz de adoptar una amplia gama de comportamientos inteligentes a prueba de fallos, reforzando aún más la seguridad y la fiabilidad.

Si se llegara a requerir algún ajuste solo re programe el plan de vuelo y la zona de aterrizaje a mitad de vuelo, y en caso de que surja algún contratiempo, ordénele mantener la posición, volver al punto de origen o aterrizar.

El dron Ebee Plus es el que proporciona el mejor rendimiento general. Puede volar a gran altitud, se comporta de modo fiable en condiciones de viento adversas y no necesita ningún tipo de equipamiento adicional para el despegue o el aterrizaje.

Utilizamos el Ebee Plus para muchos proyectos distintos como son la creación de mapas cartográficos, proyectos de carreteras y ferrocarriles, tendidos eléctricos, proyectos de construcción de presas, energías renovables y más. Para muchos es el dron más efectivo del mercado ya que propone una combinación perfecta de facilidad de uso, calidad, precio, soporte técnico y software.

Figura 34: Dron Ebee Plus de Sensefly



FUENTE: Pagina de la empresa Sensefly

El dron Ebee Plus de la marca de Sensefly posee un de las mejores cámaras de la actualidad, la cámara S.O.D.A es la primera cámara que se ha diseñado para la fotogrametría profesional con drones. Captura imágenes aéreas RGB increíblemente

nítidas, a través de una amplia gama de condiciones de luz, lo que le permite producir ortomosaicos detallados y modelos de superficie digital altamente precisos.

Tabla 4: Características de la cámara S.O.D.A

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA CAMARA S.O.D.A.	
RESOLUCION	20 MP
RESOLUCION DEL TERRENO A 122 METROS DE ALTURA	2.9 CM/PIXEL
TAMAÑO DEL SENSOR	2.54 CM
TAMAÑO DEL PIXEL	2.3 UM
FORMATO DE SALIDA DE LA IMAGEN	JPEG, JPEG+DNG

FUENTE: Elaboración propia

2.5.5.2. MISIONES DEL DRON EBEE PLUS

Las misiones del dron Ebee Plus se realizó en el campus de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, en horas de la mañana, ya que por lo general se prefieren fotos con pocas sombras, ya que las sombras producen errores en el proceso de restitución del post proceso en el programa Pix4D.

Las horas útiles de vuelo están relacionadas con la altura del sol sobre el horizonte, función de la fecha y hora.

El programa de ejecución de las misiones se define en la siguiente tabla:

Tabla 5: Cronograma de ejecución de las misiones de vuelo del proyecto

FECHA	MISIONES	CODIGO	DURACION (MIN:SEG)	DISTANCIA DE VUELO DEL DRON
05/06/2019	Misión 01	Unheval R=3.0	28:04	21,132 Metros
18/06/2019	Misión 02	Unheval R=3.5	26:12	18,911 Metros
08/08/2019	Misión 03	Unheval R=4.0	18:07	17,737 Metros

FUENTE: Elaboración propia

2.5.5.2.1. MISION DEL DRON N° 01 UNHEVAL R=3.0

El levantamiento aerofotogrametrico denominado Misión 01 Unheval R=3.0, se realizó el 05 de Junio del 2019, en el área de estudio que es el campus universitario de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

La misión tuvo las siguientes características:

- Se utilizó el dron Ebee Plus de ala fija.
- Se voló al promediar las 11.25 am
- Se utilizó la acamara interna S.O.D.A
- El solape longitudinal fue igual a 50%.
- El traslape transversal fue igual a 70%.
- El área de vuelo fue aproximadamente 17 Hectáreas.
- La altura a la que el dron voló fue a 127.50 metros.
- El dron Ebee Plus tomo 264 imágenes.
- El tiempo total que realizo el dron Ebee Plus para ejecutar la misión fue de 28 minutos con 04 segundos.
- La distancia total recorrido por el dron Ebee Plus fue de 21,132 metros.

Fotografía 6: Primera misión del dron Ebee Plus en el campus de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía 7: Despegue del dron Ebee Plus en la Misión 01



FUENTE: Elaboración propia

2.5.5.2.2. MISION DEL DRON N° 02 UNHEVAL R=3.5

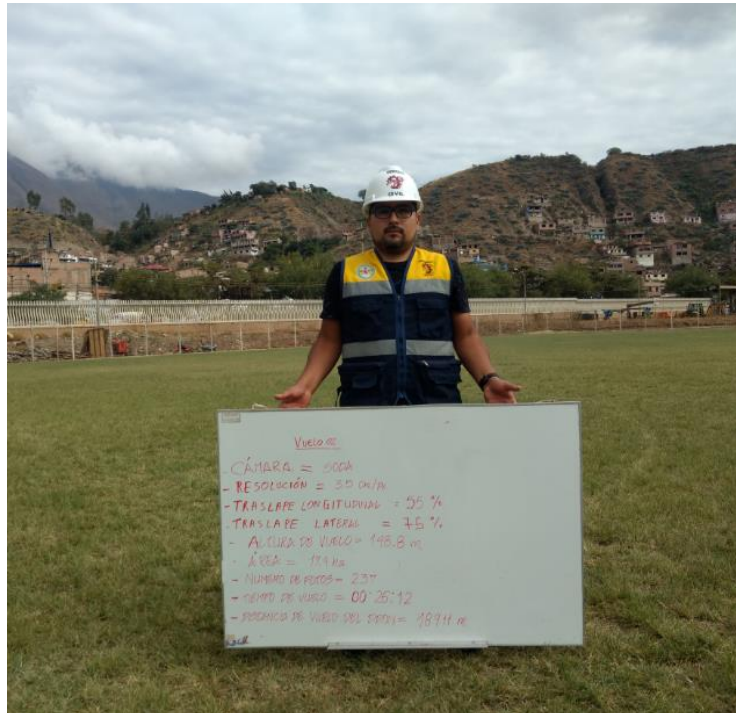
El levantamiento aerofotogrametrico denominado Misión 02 Unheval R=3.5, se realizó el 18 de Junio del 2019, en el área de estudio que es el campus universitario de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

Cabe resaltar que el clima en este vuelo fue nublado, la cual no es ideal para el dron Ebee Plus, ya que la humedad en el ambiente es elevada, pero se pudo observar que las imágenes no tenían mucha sombra en el horario en el que volamos.

La misión tuvo las siguientes características:

- Se utilizó el dron Ebee Plus de ala fija.
- Se voló al promediar las 10.15 am
- Se utilizó la acamara interna S.O.D.A
- La resolución que se usó para la misión fue de 3.5 cm/pixel.
- El solape longitudinal fue igual a 55%.
- El traslape transversal fue igual a 75%.
- El área de vuelo fue aproximadamente 17.9 Hectáreas.
- La altura a la que el dron voló fue a 148.80 metros.
- El dron Ebee Plus tomo 237 imágenes.
- El tiempo total que realizó el dron Ebee Plus para ejecutar la misión fue de 26 minutos con 12 segundos.
- La distancia total recorrido por el dron Ebee Plus fue de 18,911 metros.

Fotografía 8: Segunda misión del dron Ebee Plus en el campus de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía 9: Despegue del dron Ebee Plus en la Misión 02



FUENTE: Elaboración propia

2.5.5.2.3. MISION DEL DRON N° 03 UNHEVAL R=4.0

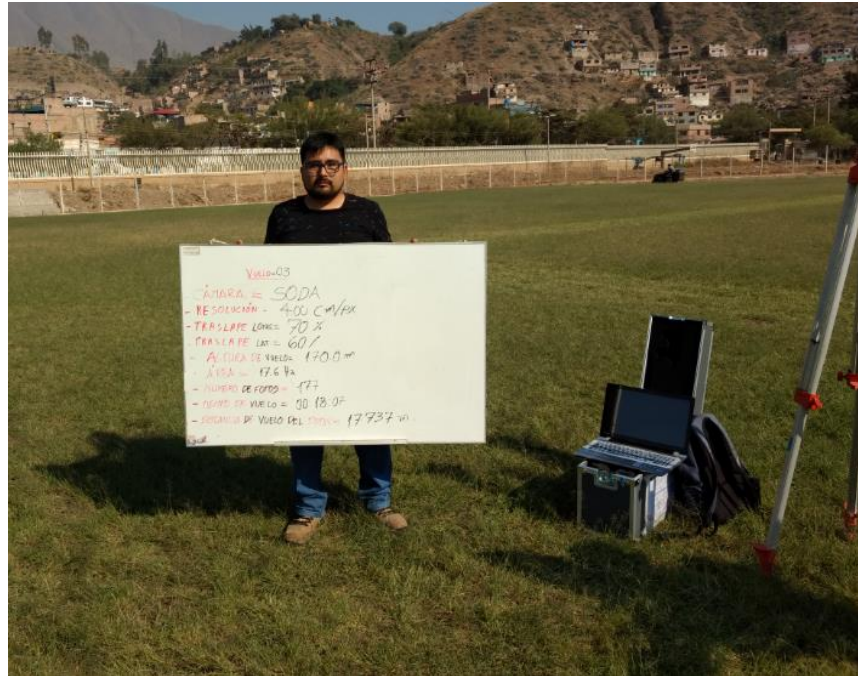
El levantamiento aerofotogrametrico denominado Misión 03 Unheval R=4.0, se realizó el 08 de Agosto del 2019, en el área de estudio que es el campus universitario de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

Cabe resaltar que el clima en este vuelo fue soleado, la cual es ideal para el dron Ebee Plus, ya que el ambiente del vuelo está despejado sin humedad ni polvo que pudiera dañar al Dron Ebee Plus, pero se pudo observar que las imágenes tenían mucha sombra en el horario en el que volamos.

La misión tuvo las siguientes características:

- Se utilizó el dron Ebee Plus de ala fija.
- Se voló al promediar las 09.42 am
- Se utilizó la acamara interna S.O.D.A
- La resolución que se usó para la misión fue de 4.0 cm/pixel.
- El solape longitudinal fue igual a 70%.
- El traslape transversal fue igual a 60%.
- El área de vuelo fue aproximadamente 17.6 Hectáreas.
- La altura a la que el dron voló fue a 170.00 metros.
- El dron Ebee Plus tomo 177 imágenes.
- El tiempo total que realizó el dron Ebee Plus para ejecutar la misión fue de 18 minutos con 07 segundos.
- La distancia total recorrida por el dron Ebee Plus fue de 17,737 metros.

Fotografía 10: Tercera misión del dron Ebee Plus en el campus de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía 11: Equipo técnico del laboratorio de la Unheval con el aterrizaje de dron Ebee Plus en la Misión 03



FUENTE: Elaboración propia

2.6. PROCESAMIENTO PARA EL LEVANTAMIENTO GEODESICO

La geodesia espacial es la ciencia que se encarga de la recepción y observación de las señales procedentes de elementos que no estén ligados directamente a la superficie terrestre. Esta ciencia utiliza directamente los satélites artificiales. Antiguamente los geodestas se veían limitados a distancias no superiores a 200 Km debido a la visibilidad entre puntos. Por esta razón se utilizaba observaciones a las estrellas para obtener una posición absoluta del punto, cuando por razones de visibilidad no se podía realizar diferencialmente.

2.6.1. GENERALIDADES SOBRE LOS SATELITES

En un simposio científico celebrado en Toronto a finales de septiembre de 1957 se presentó la posibilidad de utilizar unos hipotéticos satélites artificiales con aplicaciones geodésicas. Esta idea se contempló desde el escepticismo y la ironía de los asistentes, dado lo absurdo de la idea en aquellas circunstancias de aquel año.

Precisamente, aquel año el 4 de octubre de 1957, la URSS pone en órbita el primer satélite artificial de la tierra: el SPUTNIK.

Desde aquel momento la Historia de la geodesia espacial comenzó. Desde ese momento se han lanzado más de 11.000 satélites artificiales, y los geodestas han sacado provecho, de todos los satélites aunque no estuviese previsto la utilización de este satélite con fines geodésicos. Y decimos esto porque los geodestas han intentado sacar provecho de todo, porque pronto pudieron observar que, analizando la cuenta Doppler de las señales radiofundidas desde el Sputnik I y recibidas en estaciones de posición conocida, era posible establecer la órbita del satélite.

Evidentemente esto se podía realizar a la inversa y obtener la posición del receptor, después de la recepción y análisis de las señales recibidas durante diferentes y suficientes pasos del satélite. Este sistema no daba una precisión idónea pero ponía de manifiesto la viabilidad de la aplicación.

2.6.2. SISTEMAS DE REFERENCIAS GPS (WGS84) Y SISTEMAS

La determinación de una posición con GPS consigue un objetivo fundamental de la Geodesia: la determinación absoluta de una posición con precisión uniforme en todos los puntos sobre la superficie de La Tierra.

Utilizando la geodesia clásica y técnicas topográficas, la determinación de la posición es siempre relativa a los puntos de partida del levantamiento, la precisión obtenida es dependiente de la distancia a este punto. Por lo tanto, el GPS ofrece ventajas sobre las técnicas convencionales. La ciencia de la geodesia es fundamental para el GPS y, a la inversa, el GPS se ha convertido en la herramienta principal de la geodesia. Esto se hace evidente si recordamos los objetivos de la Geodesia:

- Establecer y mantener las redes de control geodésico tridimensionales nacionales y globales en tierra, tomando en cuenta la naturaleza cambiante de estas redes debido al movimiento de las placas tectónicas.
- Medición y representación de fenómenos geofísicos (movimiento de los polos, mareas terrestres y movimiento de la corteza).
- Determinación del campo gravitacional de La Tierra, incluyendo las variaciones temporales. Aunque la mayoría de usuarios nunca llevan a cabo las tareas

mencionadas, es esencial que los usuarios de equipo GPS tengan un conocimiento general de la geodesia.

Un método alternativo para definir la posición de un punto es utilizando el sistema de Coordenadas Cartesiano, empleando las distancias sobre los ejes X, Y y Z desde el origen o centro del esferoide. Este es el método básico que emplea el GPS para definir la posición de un punto en el espacio.

2.6.3. GPS DE DOBLE FRECUENCIA

Los posicionamientos posibles con estos equipos son: Estático, Estático Rápido, Stop&Go, Cinemático y KOF como métodos de postproceso y además la posibilidad de realizar todos éstos en Tiempo Real.

La principal ventaja con respecto a los equipos monofrecuencia con medida de fase es un aumento en la precisión hasta 5mm+1ppm y sobre todo una enorme disminución en los tiempos de observación. Las aplicaciones de estos equipos abarcan el mundo de la Topografía y la Geodesia.

Se trata de los equipos de mayor precisión y son los equipos por excelencia para Topografía y Geodesia. Toman observables de ambas portadoras emitidas por los satélites L1 y L2, realizando medidas de Código C/A y P en L1, de Código P en L2 y medidas de fase en L1 y L2. Como se puede apreciar, estos equipos incluyen a todos los anteriores añadiendo las medidas sobre la portadora L2.

Figura 35: GPS de doble frecuencia de código y fase



FUENTE: Elaboración propia

2.6.4. POSICIONAMIENTO GPS

2.6.4.1. POSICIONAMIENTO ABSOLUTO

Decimos que un posicionamiento es absoluto, cuando se calcula la posición del punto utilizando las medidas de pseudodistancia ya sea procedentes del código C/A, o código P, dependiendo del código que utilicemos y de la disponibilidad selectiva obtendremos una precisión que variará de 15 a 100 m. Este tipo de posicionamiento es utilizado por los equipos llamados navegadores.

Gracias a los últimos avances tecnológicos, y la desaparición de la disponibilidad selectiva, existen en el mercado receptores que alcanzan precisiones de 3-5 m en tiempo real.

2.6.4.2. POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL

Llamamos posicionamiento diferencial cuando están involucrados dos o más instrumentos GPS, con el fin de eliminar los errores propios del sistema GPS, calculando los incrementos de coordenadas desde el equipo de referencia al móvil. Este incremento de coordenadas vendrá dado en el sistema geocéntrico de coordenadas. La gran ventaja de este método es que los errores de posicionamiento muy similar o común en ambos puntos, no tienen ninguna influencia en los incrementos de coordenadas.

2.6.5. METODOS Y APLICACIONES

2.6.5.1. METODO ESTATICO

Este método se utiliza para distancias largas (por lo general mayores de 20 Km.) y la más alta precisión. Es la medición clásica de líneas bases.

Consiste en estacionar dos receptores o más receptores en los puntos los cuales queremos conocer sus coordenadas, almacenar datos y calcular las coordenadas en tiempo diferido. En este tipo de posicionamiento se obtienen soluciones tan redundantes como deseemos, tan solo deberemos prolongar la observación.

- E.M.C. de una línea- base: $3 \text{ mm.} \pm 0,5 \text{ ppm.}$
- Método estándar para distancias superiores a 20 Km.

Tendremos que recordar que las coordenadas que se obtienen están referidas al elipsoide WGS-84, y como recordamos tendremos que incluir en la medición de está

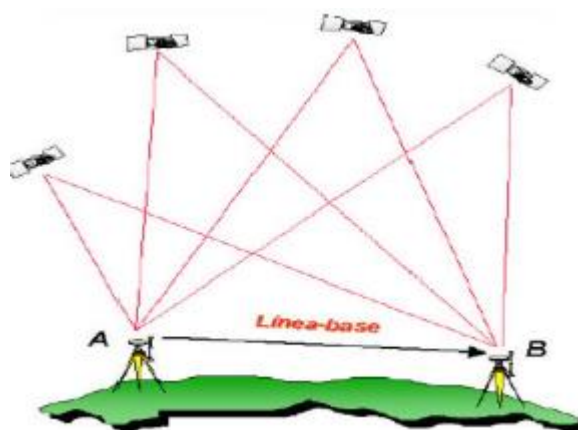
triangulación, al menos 3 puntos de coordenadas conocidas en el sistema donde queramos dar nuestras coordenadas, que por lo general, serán UTM.

Aplicaciones:

- Control Geodésico.
- Redes Nacionales e internacionales.
- Control de movimientos tectónicos.
- Control de deformaciones en diques y estructuras.

A continuación vemos un ejemplo de una observación realizada con equipos de doble frecuencia y periodos de observación de 4 horas.

Figura 36: Triangulación por método estático



FUENTE: Elaboración propia

2.6.5.2. METODO CINEMATICO

El receptor de referencia se estaciona siempre en posicionamiento estático, el que se mueve es el receptor móvil. Como hemos dicho anteriormente, el de referencia siempre estará estático. El móvil se inicializará de dos formas, con estático rápido, o bien partiendo de un punto conocido.

Se dice que el mínimo de satélites que tenemos que tener sobre el horizonte es de 5, ya que de esta forma podremos perder un satélite en el transcurso de la operación de medición. El valor del GDOP nunca debe de exceder 8, aunque para obtener una buena precisión el valor debería ser 5 ó menos.

Medición de trayectorias y de objetos en movimiento, antes de desplazarlo, algunos minutos de observación estática en el punto inicial para determinar las coordenadas de salida u ocupar un punto de coordenadas conocidas durante 2 segundos.

Mediciones en intervalos preseleccionados, por ejemplo: 1, 2, 5 seg. etc.

1 a 3 cm. + 1 ppm. (EMC) posición.

2 a 3 cm. + 1 ppm. Altimetría.

Aplicaciones:

- Determinación de la trayectoria de objetos en movimiento
- Levantamientos de ejes de carreteras y ferrocarriles.
- Medición de perfiles transversales.
- Levantamientos hidrográficos, Batimetría.

Ventajas:

- Mediciones continuas rápidas y económicas.
- Debe mantenerse el contacto con los satélites.

2.6.6. LEVANTAMIENTO GEODESICO DE LOS PUNTOS DE CONTROL

Como se mencionó en el capítulo 2.6.4 Apoyo Topográfico de Vuelo, en la presenta investigación se realizó la construcción con concreto simple de 09 puntos de control

distribuidos estratégicamente en todo el área de estudio para realizar el levantamiento aerofotogramétrico.

Luego de realizar el vuelo, se pasó al levantamiento geodésico de estos puntos de control, empleando la metodología de levantamiento estático y cinemático, esto para poder hallar las coordenadas X, Y y Z de cada uno de los puntos para luego introducirlos en el programa Pix4D y así poder georreferenciar la nube de puntos

2.6.6.1. GPS DIFERENCIAL TRIMBLE R8

El levantamiento geodésico se realizó con el GPS Diferencial Trimble, que tiene las siguientes características:

2.6.6.1.1. ESPECIFICACIONES DE FABRICACION DEL INSTRUMENTO

- Tiene 220 canales (GPS/GLOASS/Galileo/SBAS).
- Precisión RTK Horizontal:10mm, Vertical: 20mm
- Radios internos 450-470 MHz / 30Watt
- Potencia de transmisión 0.5 W.
- Memoria interna 57 MB.
- Bluetooth
- Externo soporte celular GSM/GPRS/CPDP

Se realizó el levantamiento de la malla geodésica de los puntos de control en el campus de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, este punto se realizó con la metodología del levantamiento estático.

Fotografía 12: Levantamiento Geodésico de los puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Se realizó el levantamiento de los 08 puntos de control restantes de la malla geodésica de los puntos de control del campus de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, con la metodología de levantamiento geodésico cinemático.

Fotografía 13: Levantamiento Geodésico al costado de la piscina de la Unheval



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía 14: Levantamiento Geodésico al costado de la facultad de Medicina



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía 15: Levantamiento Geodésico al costado las losas deportivas



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía 16: Levantamiento Geodésico ingreso de vehículos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía 17: Levantamiento Geodésico punto ubicado a exteriores de la Biblioteca de la Unheval



FUENTE: Elaboración propia

Luego de realizar el levantamiento topográfico con el GPS Diferencial Trimble R8, se extrajo los datos y con la corrección adecuada según los datos del IGN se obtuvieron los datos de los puntos de control en el siguiente cuadro:

Tabla 6: Coordenadas de los 09 puntos de control en la Unheval

PUNTO	DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACION
01	PT 01	362784.090	8900312.425	1938.838
02	PT 02	362942.043	8900208.866	1938.659
03	PT 03	363165.254	8899943.379	1939.980
04	PT 04	363050.891	8899872.011	1942.629
05	PT 05	362964.124	8899839.669	1944.391
06	PT 06	362934.151	8899982.389	1941.843
07	PT 07	362840.945	8900097.527	1941.280
08	PT 08	362938.176	8900110.430	1940.398
09	PT 09	363022.205	8899974.546	1940.870

FUENTE: Elaboración propia

2.6.7. LEVANTAMIENTO GEODESICO DEL EJE DE LA VIA

Después de realizar el levantamiento geodésico de los puntos de control del área de estudio, se prosiguió con el levantamiento geodésico del eje de la vía de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

- Como primer paso nos posicionamos en un punto de control cercano a la vía, ya que tenemos las coordenadas UTM de cada uno de los puntos de control.
- Como segundo paso, empezamos a levantar con la metodología del levantamiento geodésico cinemático, se levanta toda la vía, con puntos específicos en el eje de la vía cada 20 metros de espacio.

Fotografía 18: Levantamiento geodésico cinemático de la vía de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan



FUENTE: Elaboración propia

- A continuación se muestra la tabla de resultados del levantamiento topográfico realizado con el GPS diferencial Trimble R8, del eje de la vía de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

Tabla 7: Resultados del levantamiento geodésico del eje de la vía de la Unheval

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462
0+220	362930.587	8900240.752	1937.012
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776
0+280	362976.51	8900202.139	1936.582

0+300	362992.201	8900189.751	1936.380
0+320	363009.548	8900179.815	1936.223
0+340	363027.081	8900170.193	1936.089
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326
0+520	363166.791	8900061.32	1937.680
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990
0+560	363186.686	8900026.625	1938.261
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514
0+620	363210.63	8899971.844	1938.582
0+640	363223.81	8899956.812	1938.639
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539
0+700	363217.34	8899899.941	1939.927
0+720	363203.606	8899885.56	1940.317
0+740	363188.123	8899872.907	1940.864
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868
0+820	363124.227	8899824.783	1942.262
0+840	363108.25	8899812.753	1942.658
0+860	363092.224	8899800.788	1943.058
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593
0+960	362997.655	8899785.5	1944.843
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989
0+1000	362962.983	8899804.92	1944.885
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792

0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132

FUENTE: Elaboración propia

2.7. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

En el capítulo anterior se describieron los principios básicos que determinan la planificación y ejecución de un proyecto de vuelo aerofotogramétrico. El resultado de la ejecución de éste proyecto de investigación es un conjunto de información aérea (fotografías georreferenciadas) y terrestre (puntos de control) que permite proceder a la etapa de procesamiento de datos.

En la etapa de procesamiento de datos se utiliza un software especializado en fotogrametría que hace uso de los principios fundamentales de la técnica para hacer el tratamiento digital de las imágenes, integrando la información de cada imagen aérea georreferenciada y de los puntos de control terrestre para la obtención de un modelo tridimensional de la superficie, una imagen rectificadas de la zona en tratamiento y la generación de cartografía básica.

Existe una variedad de programas especializados capaces de realizar procesamientos fotogramétricos y el posterior tratamiento de estos, creando una nube de puntos con coordenadas x, y, z, un modelo digital del terreno y composición de una ortoimagen georreferenciada. Programas como Photomodeler, Agisoft Photoscan o Pix4D Mapper se encargan de generar un modelo con el conjunto de los datos obtenidos. Éste último programa es el utilizado para el tratamiento de las fotografías obtenidas en la etapa anterior del proyecto presentado.

2.7.1. PIX4D MAPPER

Pix4D Mapper es un software especializado en fotogrametría que permite convertir imágenes en modelos 3D y ortomosaicos 2D georreferenciados.

La creación de proyectos en Pix4D se realiza a partir de conjuntos de imágenes tomadas de forma terrestre o aérea según el tipo de proyecto, haciendo posible el tratamiento de fotografías adquiridas diversas formas.

Pix4D Mapper permite procesar imágenes adquiridas con cámaras compactas ligeras, DSLR, de gran formato, de acción y con soportes.

Figura 37: Tipos de cámaras soportados por el software Pix4D.



FUENTE: Elaboración propia

Las cámaras se pueden cargar en cualquier plataforma:

- UAVs para aficionados.
- UAVs profesionales.
- Aeronaves tripuladas.
- Helicópteros.
- Vehículos terrestres.
- Ninguna plataforma, para las imágenes terrestres (tomada con la mano).

Pix4Dmapper puede procesar las imágenes independientemente de las especificaciones espectrales de la cámara:

- Cámaras RGB.
- Cámaras NIR.
- Cámaras térmicas.
- Etcétera.

El software ofrece varias plantillas configuradas para el tratamiento de imágenes en casos particulares, permitiendo la creación de modelos 3D de objetos, mapas de reflectancia para agricultura de precisión y mapas 3D de superficies, entre otras opciones, siendo posible también crear plantillas personalizadas que se adapten mejor a las características particulares de cada proyecto.

Para la creación de mapas 3D el programa utiliza como imágenes de entrada cualquier fotografía aérea adquirida usando un plan de vuelo, sobre todo orientadas hacia el suelo.

En la etapa inicial del procesamiento Pix4D Mapper hace una triangulación aérea que permite la búsqueda de coincidencias entre fotografías para hacer emparejamientos y crear puntos de paso.

La segunda parte del procesamiento consiste en la densificación de la nube de puntos creada, donde es posible clasificar estos puntos entre terreno y objetos, según las dimensiones de cada conjunto de puntos. Luego de la densificación se crea la malla 3D texturizada, que es un modelo en tres dimensiones del terreno, donde son triangulados los puntos densificados de la nube.

Posterior a la segunda etapa se procede a la creación del ortomosaico, una composición de imágenes a la que se le han corregido todos los errores geométricos para que cada punto en el terreno sea observado desde una perspectiva perpendicular.

El software permite salidas en diferentes formatos digitales de los productos generados en las diferentes etapas, para poder darles un tratamiento en otros programas.

2.7.1.1. VERSIONES DEL SOFTWARE

Pix4DMapper ofrece dos versiones para los usuarios: Pix4DMapper Discovery y Pix4DMapper Pro, la primera opción es una versión gratuita del programa, que permite realizar la primeras dos etapas del procesamiento, con algunas restricciones como la imposibilidad de clasificar automáticamente los puntos de la nube entre como parte del terreno o como objetos.

En la versión Pro del programa están disponibles todas las opciones de procesamiento ofrecidas por el programa, no disponibles en la versión Discovery.

La licencia de la versión Pro puede adquirirse con pagos para su uso durante un mes, un año o por tiempo ilimitado, también está disponible la opción de activar la versión Pro por un corto período de prueba para usuarios de Pix4DMapper Discovery.

Figura 38: Pantalla de bienvenida del software Pix4D Mapper



FUENTE: Elaboración propia

2.7.1.2. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Los requerimientos mínimos del software Pix4D Mapper son:

- Windows 7, 8 o 10 de 64 bits
- Procesador de dos núcleos
- 8 GB de RAM (Mínimo)
- Tarjeta Gráfica Nvidia o AMD no inferior a 2015 y modelos Intel de 2016.

Las características recomendadas del equipo son:

- Procesador de ocho núcleos i7 o Xeon.
- 16 GB de RAM (o más dependiendo de la cantidad de datos a procesar).
- GPU compatible con CUDA.
- 1000 GB de almacenamiento interno del ordenador
- Tarjeta gráfica Nvidia de 12 Gb no inferior a 2018.

2.7.2. PROYECTO DE VUELO CON EL DRON EBEE PLUS

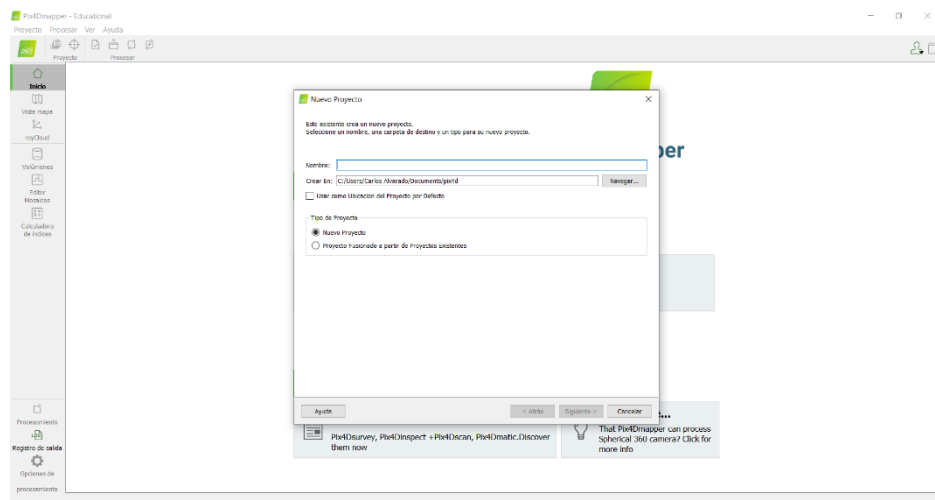
El procesamiento de las imágenes captadas con el vehículo aéreo no tripulado en el proyecto de vuelo fotogramétrico en la el campus universitario de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, se realizó en Pix4DMapper, con una cuenta de usuario de la versión Pro del software.

Las imágenes fueron adquiridas utilizando el dron Ebee Plus de ala fija, piloteado a través de la aplicación propia del dron para ordenadores como una laptop el software Emotio 3, que permite la programación y ejecución del plan de vuelo y de adquisición de fotografías aéreas con una alta resolución de acuerdo a las necesidades del proyecto.

2.7.2.1. CREACION DEL PROYECTO EN EL PIX4D MAPPER

Para iniciar el procesamiento de las imágenes en el programa es necesaria la creación de un proyecto, contando con dos opciones para realizar esta acción: crear un nuevo proyecto y crear un proyecto combinando proyectos existentes.

Figura 39: Asistente de creación de proyectos de Pix4D Mapper

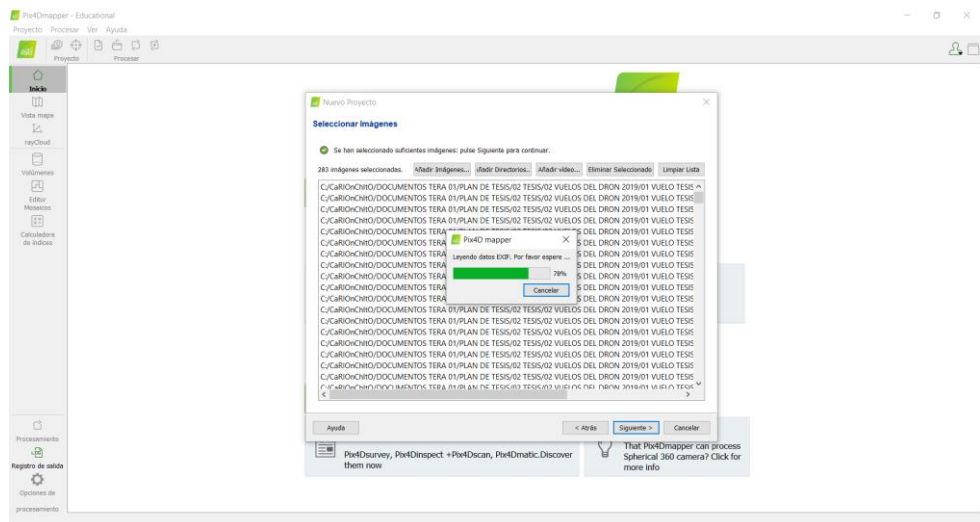


FUENTE: Elaboración propia

Luego de asignar un nombre y ruta al nuevo proyecto se procede a seleccionar las imágenes que serán procesadas, de forma individual o seleccionando todas las que se encuentren en ficheros seleccionados.

Una vez que todas las imágenes han sido seleccionadas se puede continuar con la creación del proyecto; el software no permite añadir más imágenes al proyecto una vez que éste ha sido creado. Si las imágenes que fueron añadidas son movidas de su ubicación original antes de finalizar el procesamiento éste no podrá ser ejecutado con éxito; si son movidas cuando el procesamiento ha finalizado, Pix4D solicitará la nueva ubicación de las imágenes. Es importante no renombrar éstas para que puedan ser encontradas por el software.

Figura 40: Selección de imágenes agregadas al proyecto



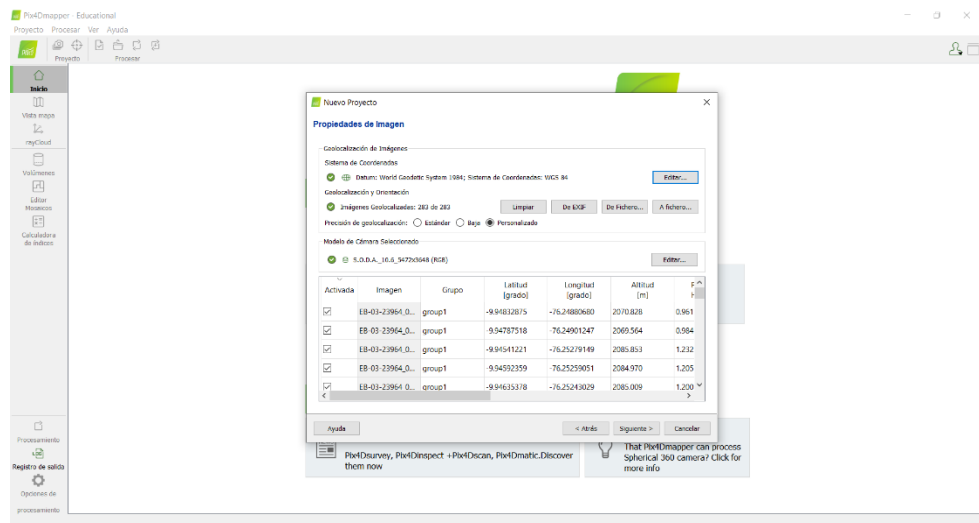
FUENTE: Elaboración propia

Al finalizar la selección de las fotografías que serán procesadas, el software lee la información EXIF de cada una para registrar su geolocalización, siendo posible importar la información de localización desde un archivo externo en caso de que las fotografías no estén georreferenciadas en el Exif.

Pix4D también identifica el sistema de coordenadas en que fue registrada la localización de las fotografías, además del modelo (o modelos) de cámara con que se adquirieron las imágenes y los parámetros internos de cada modelo. Cada imagen es procesada tomando en cuenta el nivel de precisión de su localización y es posible seleccionar el nivel de precisión que el software estimará para cada imagen. El nivel estándar de precisión para el software es de 5m en posición horizontal y de 10m en la vertical; para ubicaciones con poca precisión se selecciona el nivel bajo, que es de 50m en la posición horizontal y de 100m en la posición vertical. También es posible establecer un valor de precisión personalizado para cada fotografía, el cual deberá definirse según la precisión del aparato utilizado para georreferenciar las fotografías.

Una vez que son verificados los sistemas de coordenadas de la localización de las imágenes, el nivel de precisión de la localización y la selección del modelo de la cámara utilizada, se procede a seleccionar el sistema de coordenadas de los archivos de salida y las unidades de medición del proyecto.

Figura 41: Propiedades de imágenes del nuevo proyecto



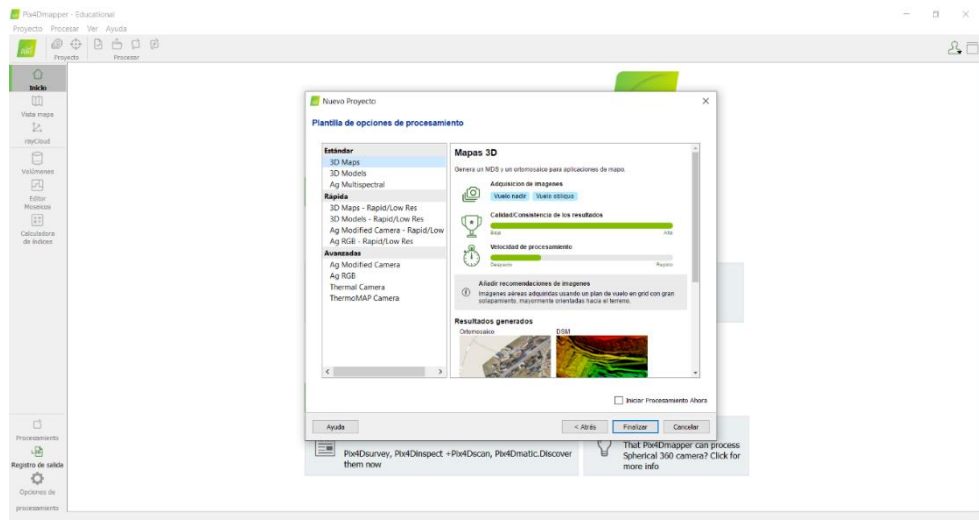
FUENTE: Elaboración propia

Para obtener salidas de datos en más de un sistema de coordenadas es necesario repetir el procesamiento, pues el software genera los archivos considerando la proyección elegida.

Posterior a la selección del sistema de coordenadas de salida del proyecto y las unidades de medición es necesario seleccionar una plantilla para procesar las fotografías.

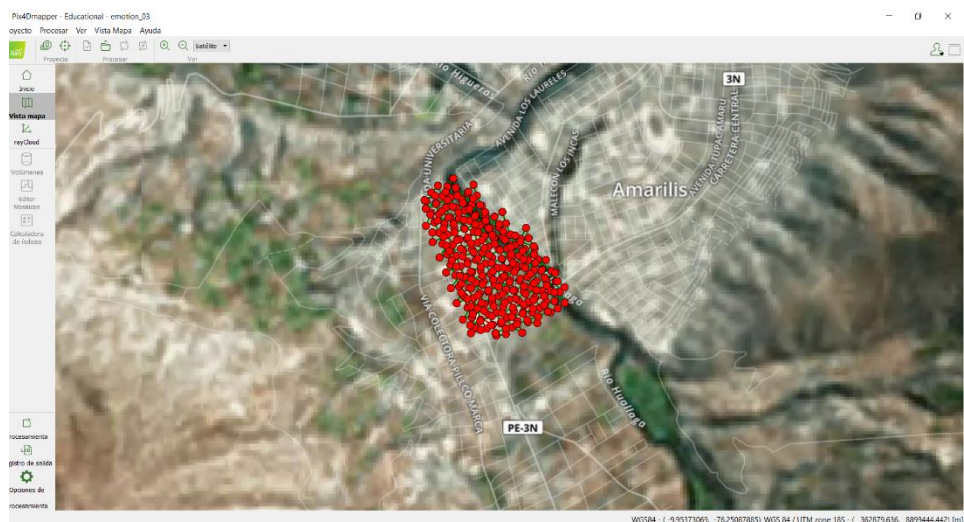
Pix4DMapper ofrece diferentes plantillas que se adaptan a las características de los proyectos, además de la opción de crear plantillas personalizadas según las necesidades del usuario.

Figura 42: Plantillas de opciones de procesamiento en Pix4D Mapper.



FUENTE: Elaboración propia

Figura 43: Visualización inicial de las imágenes georreferenciadas



FUENTE: Elaboración propia

2.7.2.1.1. CONFIGURACIONES DE LAS OPCIONES DE PRECASAMIETO

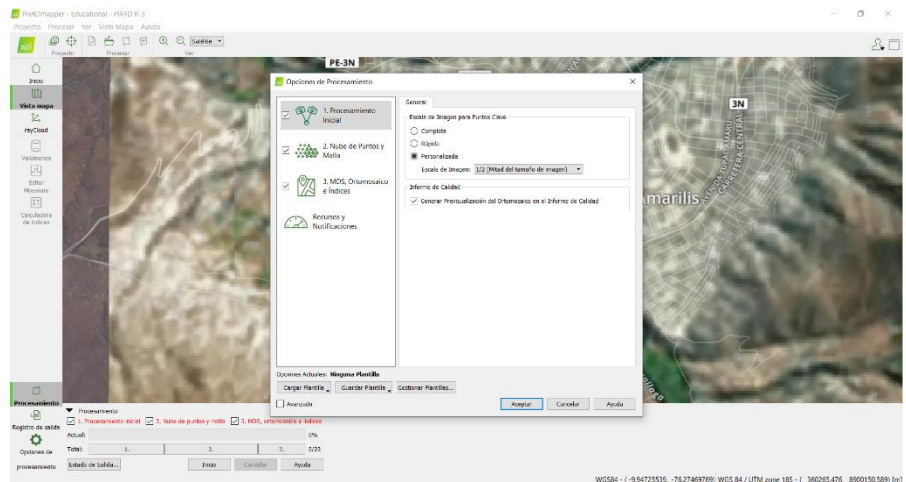
El procesamiento del proyecto de investigación se realiza utilizando una plantilla personalizada, configurando cada opción tomando en cuenta las características del proyecto.

2.7.2.1.1.1. PROCESAMIENTO INICIAL

En la primera etapa del procesamiento del proyecto, el software busca coincidencias entre fotografías para la creación de puntos de paso (también llamados puntos de amarre o Tie Points) que permitan generar una nube de puntos, utilizada para el modelado 3D de la superficie. El software integra la información de la geolocalización interna en las fotografías (si la poseen) y de puntos los de control terrestre añadidos por el usuario, para hacer la triangulación aérea que definirá la posición de estos puntos de amarre.

Las opciones de procesamiento para la etapa inicial del proyecto son configuradas en tres pestañas, en la configuración general de esta etapa se estableció el uso de la escala de imagen de los keypoints a 1/2 (un medio del tamaño de la imagen), esto es ideal para grandes proyectos con alto grado de traslape. Una escala de 1/2 se puede utilizar para acelerar el procesamiento ya que, por lo general da como resultado una precisión ligeramente reducida, pues procesar a escala completa no produce resultados con una diferencia de precisión significativa.

Figura 44: Configuración general de las opciones del procesamiento inicial

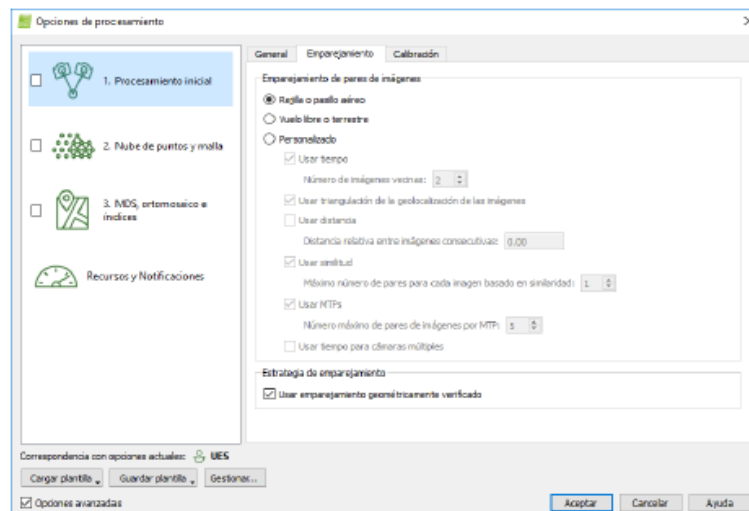


FUENTE: Elaboración propia

En la segunda pestaña, para la búsqueda de coincidencias entre pares de imágenes se selecciona la opción de rejilla o corredor, que optimiza el pareo de imágenes en este tipo de proyectos.

Se activa la opción de pareo geoméricamente verificado, una opción que hace que el procesamiento sea más lento pero con mejores resultados, ya que se tienen en cuenta las posiciones relativas de la cámara para descartar coincidencias poco realistas geoméricamente. Si no se selecciona, las coincidencias se establecen utilizando sólo el contenido de la imagen.

Figura 45: Configuración de las opciones de emparejamiento



FUENTE: Elaboración propia

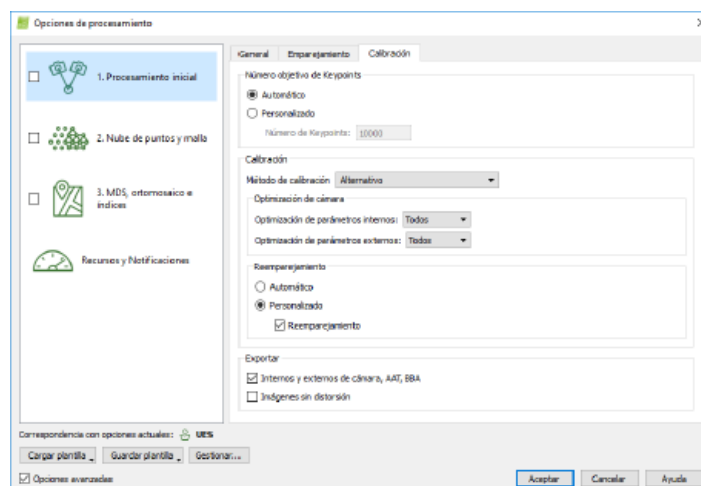
En la tercera pestaña se configuran las opciones para la calibración de las cámaras. Una imagen calibrada es aquella que tiene suficientes puntos clave (keypoints) que son emparejados de forma precisa con otras imágenes del proyecto. Cada coincidencia de puntos entre al menos dos imágenes permite la generación de un punto 3D.

Se configura el número previsto de keypoints en automático, esto permite que el programa seleccione de manera automática el número de keypoints que serán extraídos. Una configuración personalizada limitará el número de keypoints a la cantidad que el usuario defina. El método de calibración seleccionado para éste proyecto es el alternativo, una opción optimizada para imágenes aéreas con geocalización exacta, bajo contenido de textura y de terreno relativamente plano, como campos.

El proyecto es configurado para optimizar todos los parámetros internos de la cámara, pues las cámaras pequeñas, como las que se utilizan con vehículos

aéreos no tripulados, son mucho más sensibles a la temperatura o vibraciones, que afecta a la calibración de la cámara. También se configura para la optimización de todos los parámetros externos de la cámara, para optimizar la rotación y la posición de ésta.

Figura 46: Configuración de las opciones de procesamiento de la nube de puntos



FUENTE: Elaboración propia

2.7.2.1.1.2. NUBE DE PUNTOS Y MALLA

La segunda etapa del procesamiento consiste en la densificación de la nube de puntos y la malla 3D texturizada. Para el proceso de densificación de la nube de puntos es considerada la escala de la imagen, la densidad de puntos deseada y la cantidad mínima de coincidencias entre fotografías para que un punto sea agregado a la nube.

La escala utilizada para el proyecto es 1/2 del tamaño de la imagen, la escala recomendada por los desarrolladores. En este caso la mitad del tamaño de las imágenes es utilizada para calcular puntos 3D adicionales. También se

configuró la plantilla del proyecto para utilizar una escala múltiple, cuando se activa esta opción, los puntos 3D adicionales se calculan en múltiples escalas de imagen, empezando con la escala de imagen elegida (1/2) hasta llegar a escala de 1/8 (un octavo del tamaño de la imagen).

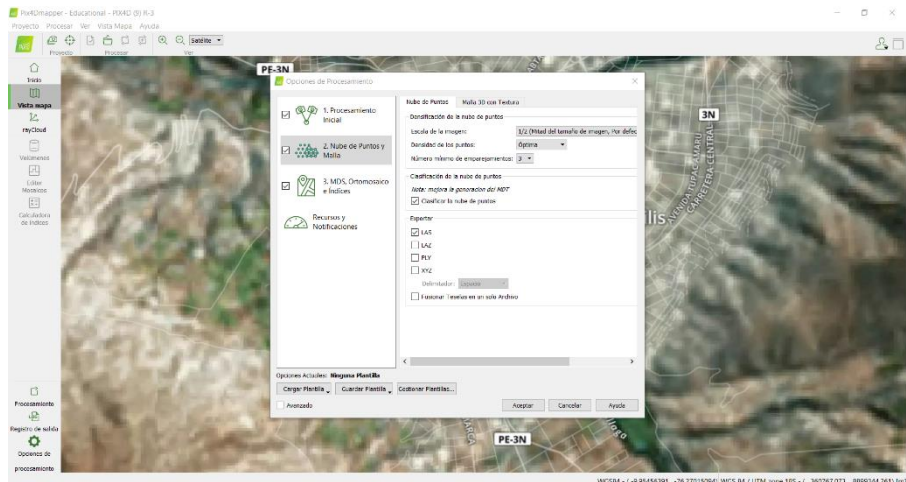
Al estar seleccionada la escala a un medio, los puntos 3D adicionales de este proyecto se calculan en imágenes con la mitad, un cuarto y un octavo del tamaño de la imagen. Esto es útil para el cálculo de puntos 3D adicionales en las áreas de vegetación, así como mantener los detalles en áreas sin vegetación.

La densidad de la nube de puntos fue configurada para el nivel óptimo. En este nivel un punto 3D se calcula para cada $(4 / \text{Escala de la imagen})$ píxeles. Para este proyecto, con escala de un medio del tamaño de la imagen, un punto 3D se calcula para cada $3 / (0.5) = 6$ píxeles de la imagen original.

El número mínimo de coincidencias entre fotos representa la cantidad mínima de reproyecciones válidas por cada punto 3D a las imágenes. Para este proyecto fue definido 3 como valor mínimo.

Los formatos de salida elegidos para exportar la nube de puntos densificada son el formato LAS y el XYZ delimitado por comas.

Figura 47: Configuración de las opciones de creación de malla 3D.



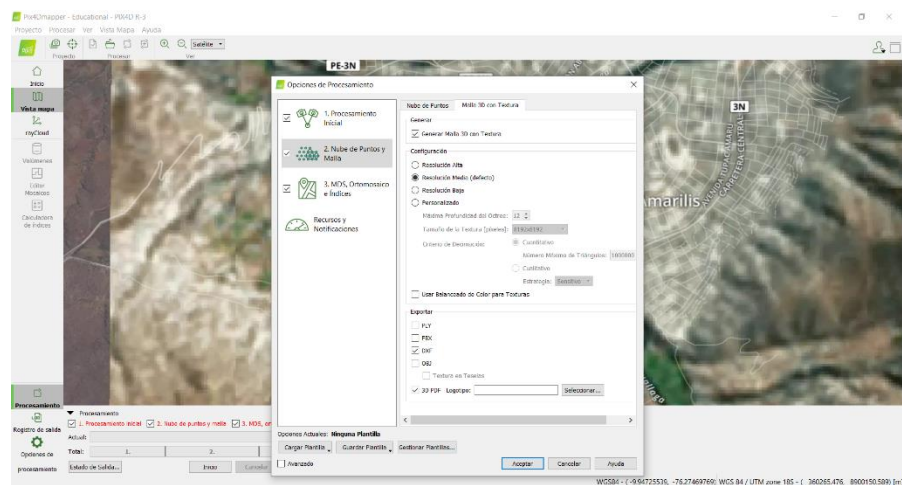
FUENTE: Elaboración propia

La segunda pestaña a configurar para la segunda etapa del procesamiento permite al usuario elegir si se hará la creación de la malla 3D texturizada. Ésta es creada en el proyecto, utilizando una resolución baja.

La resolución media es la configuración recomendada para la mayoría de proyectos. Constituye un buen equilibrio entre el tamaño, tiempo de cálculo y el nivel de detalle de malla 3D texturizada, sin embargo en ocasiones se presentan fallas en la creación de la malla con éste nivel de resolución cuando se trabaja con grandes conjuntos de datos.

Los formatos de salida seleccionados para exportar la malla 3D texturizada son FBX, DXF, OBJ y PDF 3D.

Figura 48: Configuración de las opciones de procesamiento de la nube de puntos.



FUENTE: Elaboración propia

2.7.2.1.1.3. DSM, ORTOMOSAICO E ÍNDICES

En esta etapa del procesamiento son creados el modelo digital de superficie (DSM) en diferentes formatos de salida, el ortomosaico y el mapa de reflectancia y mapas de índice.

La pestaña MDS y Ortomosaico de la configuración de la tercera etapa permite al usuario configurar las opciones de procesamiento y salidas deseadas para el modelo digital de superficie y el ortomosaico.

La resolución asignada automáticamente al ortomosaico y MDS es el GSD, pudiendo usarse múltiplos de éste. Para el proyecto de investigación el valor de la resolución será el GSD.

El uso de filtros para el MDS permite mejorar la calidad visual del modelo. La generación de la nube de puntos puede conducir a puntos ruidosos y erróneos, el filtrado de ruido corrige la altitud de estos puntos con la altitud media de los puntos vecinos.

Una vez que se ha aplicado el filtro de ruido, se genera una superficie usando los puntos. Esta superficie puede contener áreas con pequeñas protuberancias erróneas. El suavizado de superficie corrige estas áreas mediante el aplanamiento de ellos. Esta sección permite al usuario configurar los siguientes parámetros:

- **Sharp (por defecto):** Trata de mantener la orientación de la superficie y mantener rasgos afilados, tales como esquinas y bordes de los edificios. Sólo áreas cuasi planas son aplanadas.
- **Smooth:** Intenta suavizar áreas, asumiendo que existen rasgos afilados debido al ruido y que deben ser eliminados. Las áreas que no son muy planas se suavizan y se en convierten planas.
- **Medium:** Este es un compromiso entre las otras dos opciones. Se trata de preservar rasgos afilados, mientras que suaviza las superficies en áreas más o menos planas. En la sección Ráster MDS el software permite al usuario seleccionar si se generará el ráster MDS y el método con el que se generará.
- **GeoTIFF (activado por defecto):** Guarda el MDS como un archivo GeoTIFF. Para la mayoría de los proyectos el MDS se divide en varias teselas y se genera un archivo GeoTIFF por tesela.

El método que se utiliza para la generación del ráster DSM afectará el tiempo de procesamiento y la calidad de los resultados.

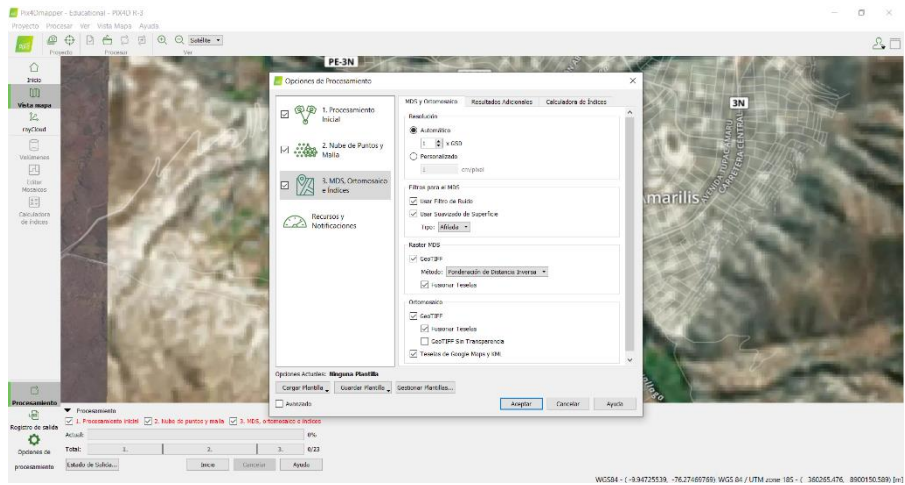
- **Ponderación de distancia inversa:** El algoritmo de ponderación de la distancia inversa se utiliza para interpolar entre puntos. Este método se recomienda para edificios.
- **Triangulación:** Es utilizado el algoritmo de triangulación basado en triangulación de Delauney. Este método se recomienda para las zonas planas (campos de la agricultura) y las pilas de materiales. Este método es seleccionado para la creación del ortomosaico de éste proyecto, pues el área con edificios es muy poca y el relieve del área cubierta es bastante plano.

La opción fusionar teselas (activada por defecto) genera un solo archivo MDS GeoTIFF mediante la fusión de las teselas individuales. Cuando esta opción no está seleccionada, no se genera el archivo MDS fusionado.

Activar la opción GeoTIFF sin transparencia permite generar adicionalmente un ortomosaico sin transparencias, donde la transparencia es sustituida por el color negro.

La opción teselas de Google Maps y KML permite generar los archivos de salida para visualización del ortomosaico en Google Maps o Google Earh, así como en Mapbox si es seleccionada.

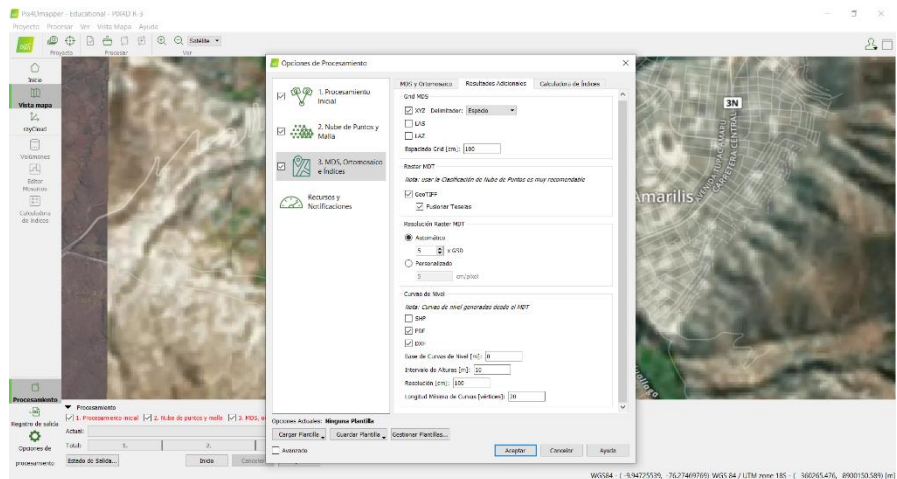
Figura 49: Configuración del MDS Y ortomosaico.



FUENTE: Elaboración propia

En la pestaña resultados adicionales se selecciona si se desea obtener una grid del MDS y los formatos en que se generará ésta. También es posible generar curvas de nivel en diferentes formatos, y definir los parámetros para su creación, como se muestra en la figura.

Figura 50: Configuración de resultados adicionales del paso 3



FUENTE: Elaboración propia

La calculadora de índices no fue utilizada en éste proyecto, por tanto no fueron cambiadas las opciones de configuración predeterminadas.

El software permite generar mapas de reflectancia de las superficies y medir los índices de vegetación (NVDI) a partir de valores típicos de reflectancia a distintas longitudes de onda, presentados por estas según su tipo de cobertura. Esto es de gran utilidad para aplicaciones de la técnica en la agricultura, sin embargo no se encuentra dentro del área de interés de este estudio.

Para poder generar un mapa de reflectancia y usar la calculadora de índices es necesario hacer la calibración radiométrica de la cámara, calibrando y corrigiendo la reflectancia de la imagen, teniendo la iluminación y el sensor de influencia en consideración.

La calibración radiométrica se realiza a partir de la selección de una imagen de calibración radiométrica. Estas imágenes son adquiridas en campo, fotografiando en el sitio de trabajo una superficie de Lambert o "lambertiana", que es una superficie ideal que refleja la energía incidente desde una dirección igual en todas direcciones, por lo cual al variar el punto de vista, su luminancia no cambia.

2.7.2.1.2. PROCESAMIENTO EN PIX4D MAPPER

2.7.2.1.2.1. PROCESAMIENTO INICIAL

La etapa inicial del procesamiento en Pix4D consiste en la aerotriangulación de las imágenes digitales, usando la información de georreferencia de éstas,

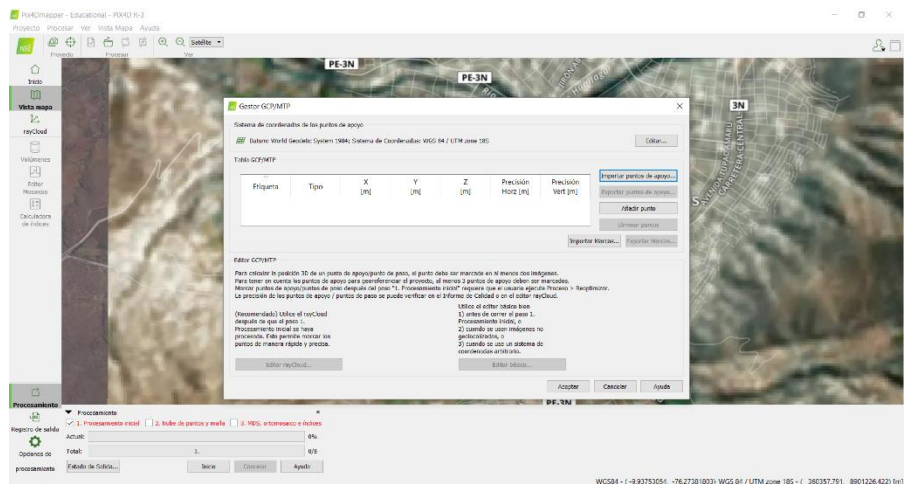
obtenida del GPS interno del vehículo aéreo no tripulado y/o de puntos de apoyo terrestre.

Una vez que ha sido seleccionada la plantilla que se utilizará en el proyecto puede procederse a iniciar la etapa de procesamiento, aunque es recomendado el uso de entradas adicionales que ayuden a mejorar la calidad del proyecto.

A. GESTOR GCP/MTP

El Gestor GCP/MTP permite agregar al proyecto puntos GCP 2D, GCP 3D, MTPs y Check Points. Los primeros tres tipos de puntos mencionados ayudan a mejorar la precisión del proyecto, mientras que los Check Points ayudan únicamente a evaluar la precisión de este.

Figura 51: Gestor de GCP/MTP



FUENTE: Elaboración propia

I. USO DE GCPs

En el capítulo 2.6.4 se describió la función de los GCP en un proyecto de vuelo fotogramétrico y la forma en que se adquirió la información de estos puntos en el proyecto de investigación.

Pix4Dmapper puede procesar proyectos con o sin puntos de control (GCP), sin embargo el uso de GCP precisos aumenta la precisión global de proyecto.

Los puntos de control terrestres usados en los proyectos pueden ser bidimensionales (si se conocen únicamente coordenadas X,Y o Latitud, Longitud) o tridimensionales (si se conocen coordenadas X,Y,Z o Latitud, Longitud, Altitud).

Para un proyecto con fotografías georreferenciadas y GCPs en sistemas de coordenadas conocidos hay dos métodos para añadir y marcar los puntos de apoyo en las imágenes:

MÉTODO A

Este método se utiliza cuando la geolocalización de la imagen y los GCP están en un sistema de coordenadas conocido que se pueden seleccionar a partir de base de datos de Pix4D Mapper. No será necesario que los dos sistemas sean el mismo ya que Pix4Dmapper es capaz de hacer la conversión entre dos diferentes sistemas conocidos de coordenadas.

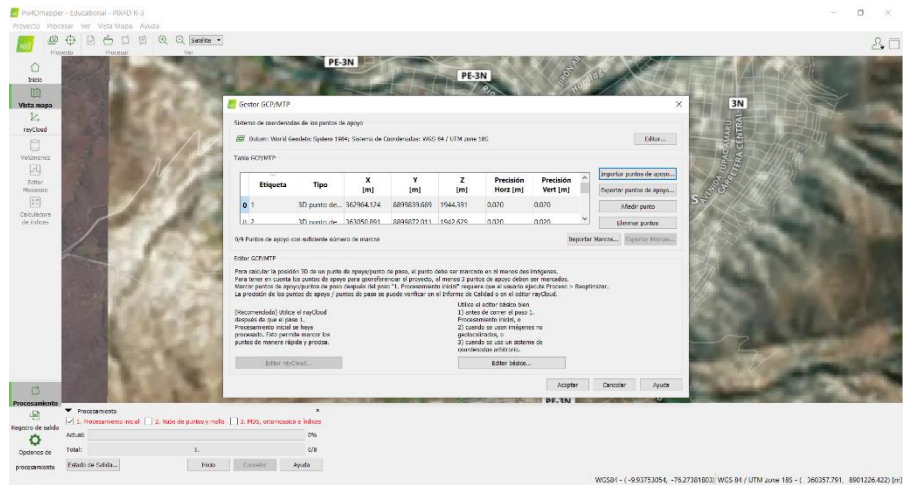
Este es el caso más común. Permite al usuario marcar los GCP en las imágenes con poca intervención manual. Sin embargo, este método no es adecuado para el procesamiento sin supervisión, durante el cual las diferentes

etapas de procesamiento se inician automáticamente en una fila y no requieren ningún tipo de intervención por parte del usuario.

INSTRUCCIONES:

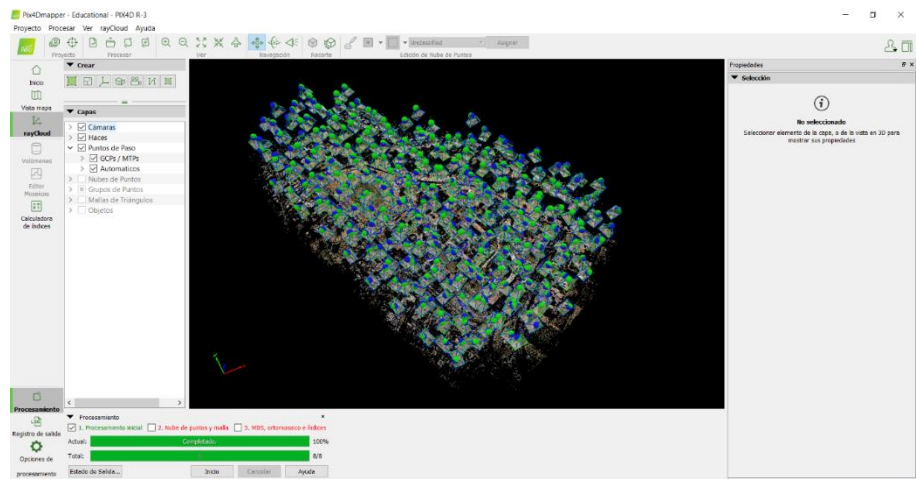
- Obtener mediciones GCP en el campo o a través de otras fuentes.
- Agregar los GCP con el Gestor GCP/MTP sin marcarlos en las fotografías.
- En la barra de menús, hacer clic en Ver>Tratamiento, La barra de procesamiento aparece en la parte inferior de la ventana principal.
- En el menú Procesamiento seleccionar únicamente el procesamiento inicial.
- Dar inicio a esta etapa (Haciendo clic en Inicio).
- Una vez que se ha terminado el procesamiento inicial, marcar los GCPs en el rayCloud.
- Haga clic en *Proceso>Reoptimizar*.
- **Opcional:** Regenerar el Informe de calidad haciendo clic e *Proceso>Generar Informe de calidad*.

Figura 52: Puntos importados en el gestor de GCP/MTP antes de ser marcados



FUENTE: Elaboración propia

Figura 53: marcado de GCP en el rayCloud



FUENTE: Elaboración propia

MÉTODO B

Este método funciona para cualquier caso, no importa el sistema de coordenadas de las imágenes o GCP coordinar, pero requiere más tiempo para marcar el GCP en las imágenes. La ventaja de este método es que después

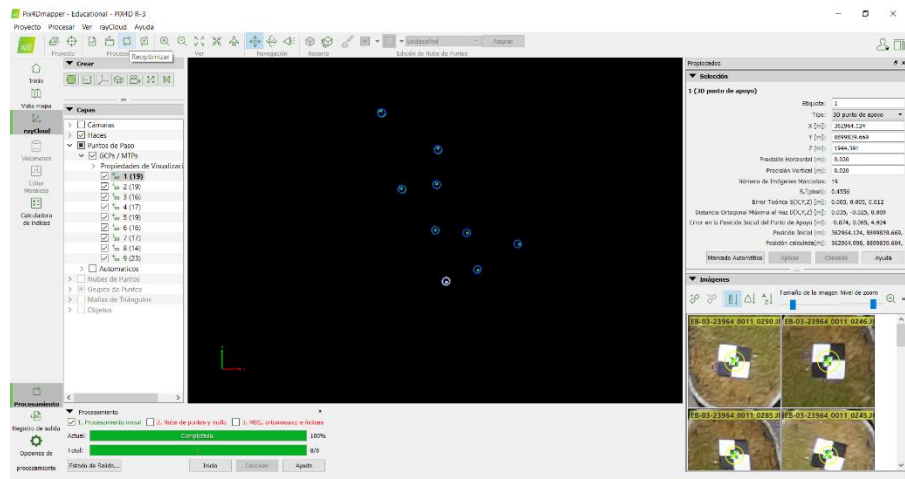
de importar las imágenes y los GCP, el tratamiento se puede realizar sin ninguna intervención por parte del usuario.

Es la mejor opción cuando se desea hacer el procesamiento sin ningún tipo de supervisión durante gran parte del tiempo. Sin embargo, se requiere más intervención manual para marcar el GCP en las imágenes.

INSTRUCCIONES

- Obtener GCPs mediante mediciones en el campo o a través de otras fuentes.
- Añadir (importar) todos los GCP con el Gestor GCP / MTP.
- Marcar el GCP en las imágenes con el Editor GCP / MTP Básico.
- Procesar las tres etapas de procesamiento.

Figura 54: Editor de GCP/MTP básico



FUENTE: Elaboración propia

Para el procesamiento de las imágenes este proyecto de investigación, que se realizó con el dron Ebee Plus, se hace uso del método A, ya que el marcado de los GCPs en las fotografías se realiza después de la identificación de puntos de paso en el modelo y cada uno de estos puntos posee coordenadas de ubicación calculadas por el software. Esto se convierte en una ventaja, pues al marcar un determinado GCP en las fotografías puede conocerse automáticamente el error estimado en la ubicación del GCP y si uno de ellos tiene un error considerable puede sustituirse por otro.

NOTAS:

1. El nivel de precisión asignado por defecto en el software para los GCPs es de 0.020m en la precisión horizontal y vertical. Estos valores pueden ser editados en el Gestor GCP / MTP, según sea la precisión de los GCPs adquiridos en campo. El software acepta valores de precisión horizontal y vertical entre 0.001 y 10,000 metros.
2. Es importante destacar que para este proyecto se cuenta con 09 GCPs (puntos de control), distribuidos estratégicamente en el área de estudio que es el campus universitario de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

II. USO DE PUNTOS DE APOYO MTPs

Un punto de paso manual, o punto de amarre manual (Manual Tie Point) es un punto sin coordenadas 3D común entre varias fotografías, seleccionado de forma manual por el usuario para evaluar y mejorar la precisión de la reconstrucción.

El uso de puntos de apoyo (MTPs), es requerido principalmente cuando el software no encuentra de forma automática el número de coincidencias mínimo para la calibración de varias fotografías en el procesamiento inicial y es necesario proceder a la calibración manual de éstas. Si un número grande de fotografías no son calibradas luego del procesamiento inicial la calibración manual no es una opción recomendada.

La cantidad de imágenes calibradas y no calibradas se muestra en el reporte de calidad del proyecto. (Véase Análisis del reporte de calidad)

Añadir puntos de amarre manual antes de iniciar el procesamiento inicial permite al usuario indicarle al software la ubicación de las coincidencias entre fotografías cuando se sospeche que éstas no serán calibradas automáticamente durante el procesamiento.

Para añadir un nuevo MTP antes de iniciar la etapa inicial:

- Hacer clic en Proyecto >Gestor GCP/MTP.
- Hacer clic en *Añadir Punto*, esto añadirá a la lista un nuevo punto con la etiqueta *mtp* seguida del número de punto de amarre manual. Repetir la acción hasta tener el número de puntos deseado.
- Hacer clic en *Editor Básico*.
- Seleccionar el MTP que desea añadir al proyecto y marcarlo en una de las fotografías en que sea visible.
- Hacer clic en *Ordenar las imágenes por distancia a las imágenes marcadas*

- Marcar el punto en el resto de fotografías donde es visible.
- Repetir los pasos 4 al 6 hasta tener todos los MTPs marcados en las imágenes.
- Hacer clic en Aceptar.

III. USO DE CHECK POINTS

Un Check Point es un punto con coordenadas 3D conocidas que sirve para indicar el nivel de precisión de la reconstrucción del modelo 3D, comparando la posición inicial del punto adquirido con RTK y la posición calculada del punto resultante del procesamiento. Este tipo de puntos es añadido únicamente en el Gestor GCP / MTP, sin ser marcados en ninguna fotografía, pues no son tomados en cuenta para la reconstrucción del modelo.

IV. SISTEMAS DE COORDENADAS UTILIZADOS

Pudo observarse, al importar los puntos de control (GCPs), con proyección UTM y observándolos en la vista satelital mostrada por el software Pix4D, que la ubicación mostrada en esta vista no coincidía con la ubicación real de los puntos y que la ubicación de las fotografías respecto a los GCPs no era la correcta, sin embargo al finalizar la etapa inicial del procesamiento con los GCPs marcados en las fotografías, la ubicación de las fotografías ha sido corregida según el marcado de los GCPs. Esto permite que el modelo y todos los archivos puedan generarse con la proyección indicada y respetando la ubicación correcta de las fotografías respecto a los puntos de apoyo terrestre marcados, aun cuando la ubicación de estos no se muestra bien en la vista

satelital, siendo el archivo KML para Google Earth o Google Maps el único en presentar problemas al no coincidir el ortomosaico con la vista mostrada en el software Pix4D.

Si los puntos de control y de apoyo terrestre adquiridos no se encuentran en sistema de coordenadas UTM, es conveniente convertir las coordenadas Geográficas al sistema **WGS84/ UTM zone 18S**, además de usarlo para la salida de datos, si se desea generar archivos KML con buena ubicación.

B. ANÁLISIS DEL REPORTE DE CALIDAD

El reporte de calidad del proyecto de investigación, muestra un resumen de las características del proyecto, vistas preliminares del ortomosaico y el DSM, y detalles de la calibración y geolocalización de las imágenes, entre otros.

Es importante revisar los resultados mostrados en este reporte, prestando atención a los parámetros del apartado *Control de Calidad*, que son los siguientes:

- **Imágenes:** Una marca de verificación verde indica que las imágenes tienen suficiente contenido visual para ser procesadas. Una advertencia amarilla o roja indica que no hay mucho contenido visual que podría ser extraído de las imágenes, esto puede conducir a un bajo número de coincidencias en las imágenes y una reconstrucción incompleta o resultados de baja calidad.
- **Conjunto de datos:** Una marca de verificación verde indica que más del 95% de las imágenes habilitadas fueron calibradas en un bloque.

Una advertencia amarilla indica que entre el 60% y el 95% de las imágenes habilitadas fueron calibradas o que más del 95% de las imágenes habilitadas fueron calibradas en varios bloques. Una advertencia roja indica que menos del 60% de las imágenes habilitadas fueron calibradas.

- **Optimización de la cámara:** Una marca de verificación verde indica en lentes con control de perspectiva que el porcentaje de la diferencia entre la longitud focal inicial y la optimizada es menor que 5%, mientras que en lentes de ojo de pez indica que el porcentaje de diferencia entre los parámetros iniciales y optimizados de transformación afines a C y F es menor que 5%. Una advertencia en color amarillo indica que el porcentaje de diferencia entre los parámetros mencionados anteriormente se encuentra entre 5% y 20%, mientras que una advertencia en color rojo indica que este valor es mayor que el 20%, lo que produce un error en el procesamiento.
- **Pareo:** Una marca de verificación en color verde indica que los resultados son susceptibles a ser de alta calidad en las áreas calibradas, una señal de advertencia en color amarillo o rojo indica un bajo número de pareos entre las imágenes calibradas, lo que indica que los resultados podrían no ser muy fiables.
- **Georreferenciación:** Una marca de verificación en color verde indica que han sido usados los puntos de control (GCPs) y el error de estos

es menor que el GSD promedio. Una advertencia en color amarillo indica que se han usado GCPs con un error menor a dos veces el GSD promedio o que no han sido usados GCPs en el proyecto. Una advertencia en color rojo indica que han sido usados GCPs, pero su error es mayor que dos veces el GSD promedio.

Figura 55: Vista parcial del reporte de calidad (reporte completo en Anexo c)

Quality Report 

Generated with Pix4Dmapper version 4.5.6

Important: Click on the different icons for:


-  Help to analyze the results in the Quality Report
-  Additional information about the sections

 Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary 

Project	Pix4D (9) R-9
Processed	2020-06-23 09:05:31
Camera Model Name(s)	S.O.D.A_10.6_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	3.27 cm / 1.29 in
Area Covered	0.464 km ² / 46.4038 ha / 0.18 sq. mi. / 114.7257 acres

Quality Check 

 Images	median of 15670 keypoints per image	
 Dataset	283 out of 283 Images calibrated (100%), all images enabled	
 Camera Optimization	0.7% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	
 Matching	median of 6484.83 matches per calibrated image	
 Georeferencing	yes, 9 GCPs (9 3D), mean RMS error = 0.005 m	

FUENTE: Elaboración propia

C. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DETECTADOS EN EL REPORTE DE CALIDAD

- Para corregir errores cuando el parámetro de Imágenes no da resultados óptimos, se recomienda repetir la etapa de adquisición de imágenes y cambiar la altura de vuelo, incrementar el traslape o mejorar la calidad de la imagen.
- Si en la sección Conjunto de datos el porcentaje de imágenes no calibradas es menor al 95% se recomienda revisar si el traslape entre

imágenes es bajo e incrementarlo, aumentar la altitud en caso de conjuntos de datos con muchos árboles o en campos, eliminar imágenes que hayan sido tomadas desde la misma posición o durante el despegue o aterrizaje y ajustar los parámetros de la cámara para mejorar su calidad. Si se han calibrado las imágenes en más de un bloque se recomienda Reoptimizar, añadir puntos de control GCPs y de apoyo MTPs entre bloques y Reemparejar, o incrementar el traslape entre imágenes.

- Si se presenta una advertencia amarilla o roja en la sección Optimización de la cámara es necesario revisar si en la sección conjunto de datos el porcentaje de imágenes calibradas es mayor al 50%, si es así será necesario repetir el procesamiento inicial con los parámetros optimizados de la cámara cargados; si el valor es menor al 50% puede haber un problema en el proyecto: el modelo inicial de la cámara no se ha introducido correctamente, el traslape entre fotografías es muy bajo o las fotografías tienen mala geolocalización.

Para cargar los parámetros optimizados de la cámara:

- Haga clic en Proyecto > Editor de Propiedades de la imagen.
- En la sección modelo de cámara seleccionado hacer clic en Editar.
- En la sección modelo de la cámara, hacer clic en Nuevo.

- En la sección modelo de la cámara, cambie el nombre del modelo añadiendo un sufijo que indique que los parámetros son optimizados para ese proyecto.
 - En los parámetros del modelo de cámara, hacer clic en cargar parámetros optimizados.
 - Hacer clic en Aceptar y en NO cuando se muestren dos ventanas emergentes luego de eso. Se recomienda seleccionar la opción NO ante esas dos ventanas pues los parámetros cargados son optimizados para un proyecto en particular y no deberían ser utilizados en proyectos diferentes.
 - Hacer clic en aceptar y repita la etapa inicial del procedimiento.
- Cuando los resultados del pareo de puntos entre imágenes no sean los deseados puede ser necesario repetir la etapa inicial un par de veces con diferentes configuraciones (modelo de cámara, GCPs y MTPs) para obtener más coincidencias. Para evitar esta situación, se recomienda para adquirir imágenes con un traslape más sistemático.
- Si hay una señal de advertencia amarilla en la sección Georreferenciación y han sido usados GCPs se recomienda verificar que las marcas han sido bien colocadas en al menos tres imágenes. Si no fueron usados GCPs hay que estar conscientes de que el modelo

será menos preciso y podría estar desplazado varios metros debido a la imprecisión de algunos GPS.

- Si la señal de advertencia en la sección Geolocalización es de color rojo, el conjunto de puntos de apoyo terrestre podrían tener un grave error, aunque es más probable que se hayan marcado los GCPs de forma errónea.
- Si se requiere calibrar manualmente una cámara:
 - En la barra de menús, hacer clic en Ver> rayCloud.
 - Seleccionar una cámara no calibrada en la vista 3D.
 - En la barra lateral derecha, en la sección Selección, los puntos correspondientes a la cámara seleccionada se muestran en las imágenes con:
 - Cruz roja:** puntos clave automáticos que no se corresponden con ningún keypoint de otras imágenes.
 - Cruz naranja:** keypoints automáticos que son muy propensos a ser emparejados con precisión con keypoints de otras imágenes.
 - Cruz amarilla:** GCPs, Check Points o MTPs marcados en la imagen seleccionada considerado como inliers.
 - Cruz rosada:** GCPs, Check Points o MTPs marcados en la imagen seleccionada, pero que se consideran como outliers (no son inliers).

La sección Tie Points muestra todos los puntos de amarre que han sido marcados en la cámara seleccionada.

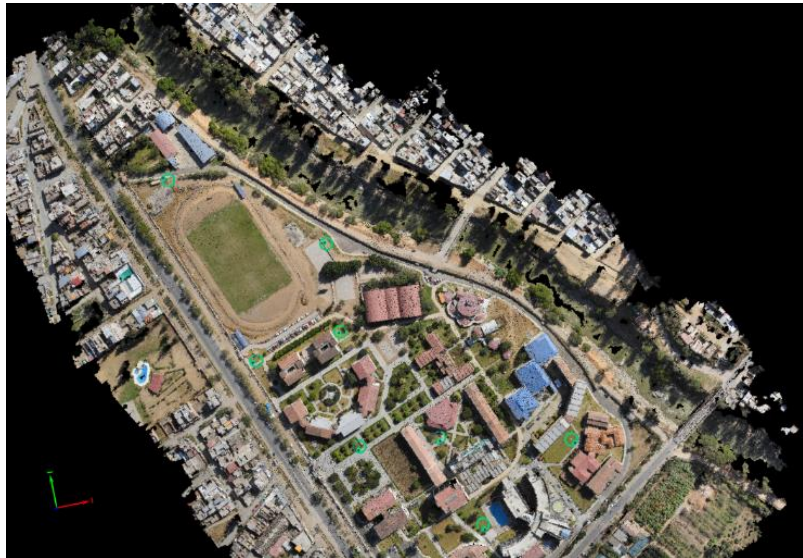
- Hacer doble clic en una cruz roja o naranja, la cruz seleccionada pasará a ser de color púrpura. Se recomienda seleccionar puntos bien distribuidos en la imagen, en lugar de seleccionarlos en la misma zona.
- Cada keypoint rojo y naranja se asocia a un punto en 3D con el que hay una alta probabilidad de que el KeyPoint coincida. La sección Imágenes muestra una lista de imágenes en las que este punto podría ser visibles utilizando el punto 3D asociado. Este punto clave es marcado usando una cruz de color naranja con un círculo naranja. La proyección del punto 3D en esas imágenes aparece con una cruz verde. Si los puntos propuestos en las imágenes son buenos, es decir, si corresponden con el punto clave en la cámara sin calibrar, este punto clave se pueden combinar con las imágenes pulsando el botón Conectar a Tie Point. Esto crea un nuevo punto de amarre manual utilizando las imágenes marcadas.
- Cada vez que se añade una coincidencia, la posición de la cámara se reestima. Esta nueva posición se utiliza para proyectar puntos 3D existentes en la imagen seleccionada, si el error de reproyección entre los puntos 3D proyectados y los puntos clave existentes es bajo, un keypoint es etiquetado como preciso y se le conoce como Inlier, estos inliers se muestran como cruces de color naranja.

- Conectar otros puntos existentes (al menos 3) y/o definir nuevos puntos de amarre manual (al menos 3), es importante que los puntos de amarre manuales estén marcados en la imagen sin calibrar y al menos 2 imágenes calibradas, no debe ser marcado solamente en imágenes no calibradas.
- Presionar Calibrar para realizar la calibración de la cámara, la opción calibrar se activa únicamente cuando la imagen tiene al menos 20 inliers y todos los puntos marcados manualmente (MTPS) son inliers.
- Si la nueva posición de la cámara y la orientación son buenas, hacer clic en Proceso> Reemparejar y optimizar.

2.7.2.1.2.2. NUBE DE PUNTOS Y MALLA

Luego del análisis del reporte de calidad del proyecto y de la corrección de errores (si se presentan) se procede a la ejecución de la segunda etapa del procesamiento del software Pix4D, donde se realiza la densificación de la nube de puntos y la creación de la malla 3D texturizada. En la barra de procesamiento se inicia el trabajo seleccionando únicamente la opción 2. Nube de puntos y malla.

Figura 56: Visualización de la nube de puntos densificada



FUENTE: Elaboración propia

Al finalizar la ejecución de ésta etapa se procede a revisar la calidad de la nube de puntos, haciendo una inspección visual de ésta. Como se requiere obtener un modelo digital del terreno que no incluya objetos en la superficie, se configuró la plantilla para hacer una clasificación automática de los puntos como terreno u objetos. Esta opción se encuentra en fase beta al momento de la ejecución de éste proyecto y puede observarse que la clasificación no es completamente precisa, por lo que es requerido hacer una selección manual de los puntos mal clasificados para asignarlos al grupo de puntos correcto.

Para mover puntos manualmente se selecciona la opción Editar nube de puntos densificada en las opciones de Edición de nube de puntos, una vez hecho esto se procede a dibujar polígonos alrededor de los puntos que desean ser movidos, siendo seleccionados todos los puntos al interior de éstos polígonos. Una vez que los puntos han sido seleccionados se elige el grupo al

que desean ser movidos y se da clic en Asignar, tener una correcta clasificación de los puntos en la superficie permite la ejecución de otros comandos, como la creación del MDT o la creación de una nueva malla 3D texturizada.

2.7.2.1.2.3. DSM, ORTOMOSAICO E INDICES

Ésta etapa del procesamiento comprende la creación del modelo digital del terreno, el ortomosaico y los índices de mapa (útiles principalmente en el área de agricultura), a partir de las imágenes rectificadas y de los puntos generados en el procesamiento inicial y en la densificación de la nube. Es posible ejecutar la etapa 3 del procesamiento sin haber ejecutado la etapa 2, pero los resultados obtenidos serán de menor calidad, pues la cantidad de puntos a utilizar será menor al no haber generado la densificación.

Los archivos de salida al finalizar el procesamiento de la etapa 3 serán el ráster DSM y el ortomosaico, además de la rejilla del DSM (modelo digital de la superficie) y las curvas de nivel de la superficie, generadas a partir de todos los puntos que no se encuentren dentro del grupo Eliminados.

Para obtener curvas de nivel del modelo a partir del DTM es necesario mover los puntos clasificados como objetos al grupo Eliminados y volver a procesar la etapa 3. El ortomosaico generado cuando los objetos han sido eliminados de la nube de puntos densificada puede tener una pérdida en el nivel de precisión, por tanto es recomendable usar la imagen generada inicialmente, cuando se procesó la tercera etapa usando todos los puntos de la nube.

2.7.2.1.2.4. ARCHIVOS DE SALIDA

FORMATO .LAS (NUBE DE PUNTOS DENSIFICADA, GRID DSM)

El formato LAS, que es el formato estándar que define la ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing) para acceder a datos LiDAR. Exportar la nube de puntos densificada de Pix4D a un formato LAS genera un formato de archivo público que permite el intercambio de ficheros que contienen información de una nube de puntos tridimensional. El formato LAS es un archivo binario que mantiene para cada punto información de sus coordenadas X,Y,Z y su color, permitiendo visualizarlos en otros softwares como Quick Terrain Reader, ArcGIS, VRMesh, Global Mapper o LAStools, que también permite la creación de modelos digitales del terreno a partir de la nube de puntos.

FORMATO .LAZ (NUBE DE PUNTOS DENSIFICADA, GRID DSM)

LAZ es el formato de compresión de ficheros LAS, estándar definido por la ASPRS. Los puntos almacenados en archivos con este formato pueden ser visualizados en software como Quick Terrain Reader, Global Mapper y LAStools.

FORMATO .PLY (NUBE DE PUNTOS DENSIFICADA, MALLA 3D TEXTURIZADA)

PLY es un formato de archivo informático conocido como el formato de archivo de polígono o el Formato Triángulo de Stanford. Fue diseñado principalmente para almacenar datos tridimensionales a partir de escáneres 3D. El formato de

almacenamiento de datos soporta una descripción relativamente simple de un solo objeto como una lista de polígonos nominalmente planas. Una variedad de propiedades se puede almacenar, incluyendo: los valores de confianza de datos de color y transparencia, normales a la superficie, y las coordenadas de textura.

Exportar en este formato permite guardar el color y ubicación X, Y, Z de cada punto para ser visualizado en programas como Meshlab, VRMesh Sketchfab.

FORMATO .XYZ (NUBE DE PUNTOS DENSIFICADA, GRID DSM)

Los archivos XYZ son uno de los tipos más comunes de archivos para almacenar coordenadas puntos. Ellos son archivos de texto plano en formato ASCII, sin números binarios o cualquier otro tipo de datos que tengan que ser interpretados.

Éste formato almacena únicamente la posición de las coordenadas X, Y, Z de cada punto, pudiendo visualizar la nube en programas como AutoCAD o Global Mapper. Este tipo de archivo es difícil de manejar debido a su gran tamaño.

GEOTIFF (RASTER DSM, ORTOMOSAICO)

GeoTIFF es un estándar de metadatos de dominio público que permite que información georreferenciada sea encajada en un archivo de imagen de formato TIFF (Tagged Image File Format «formato de archivo de imágenes con etiquetas»). La información adicional incluye el tipo de proyección, sistema de coordenadas, elipsoide, datum y todo lo necesario para que la imagen pueda ser automáticamente posicionada en un sistema de referencia espacial.

Éste tipo de archivos puede ser abierto en Global Mapper, ArcGIS, Quantum GIS y AutoCAD (solamente el ortomosaico), siendo posible medir sobre ellos, generar curvas de nivel y digitalizar en 3D.

TESELAS DE GOOGLE MAPS Y KML (ORTOMOSAICO)

Se llama tesela a cada pieza que compone el ortomosaico. Las teselas de Google Maps son exportadas en formato PNG con su respectivo archivo KML. Un archivo KML es un fichero que contiene datos geográficos. Mediante los archivos KML se pueden situar en un mapa distintos lugares que estén relacionados. Los archivos KML han sido desarrollados para ser manejados con el programa Google Earth, pero también se pueden utilizar con la aplicación de Google Maps.

TESELAS DE MAPBOX (ORTOMOSAICO)

Las teselas de Mapbox son exportadas en un archivo mbtiles que permiten ver y compartir las piezas del ortomosaico en Mapbox, además de crear mapas.

FORMATO .SHP (CURVAS DE NIVEL)

El formato ESRI Shapefile (SHP) es un formato de archivo informático propietario de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI, quien crea y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica como Arc/Info o ArcGIS. Originalmente se creó para la utilización con su producto ArcView GIS, pero actualmente se ha convertido en formato estándar de facto para el intercambio de información geográfica entre Sistemas de Información

Geográfica por la importancia que los productos ESRI tienen en el mercado SIG y por estar muy bien documentado.

Un shapefile es un formato vectorial de almacenamiento digital, donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos. No obstante carece de capacidad para almacenar información topológica. Es un formato multiarchivo, es decir está generado por varios ficheros informáticos

FORMATO .PDF (CURVAS DE NIVEL)

PDF (Portable Document Format, «formato de documento portátil») es un formato de almacenamiento para documentos digitales independiente de plataformas de software o hardware. Este formato es de tipo compuesto (imagen vectorial, mapa de bits y texto).

Al exportar las curvas de nivel en este formato, pueden ser visualizadas en cualquier lector de archivos PDF como Adobe Acrobat Reader.

FORMATO .PDF 3D (MALLA 3D TEXTURIZADA)

Un PDF 3D permite la visualización de modelos 3D generados con diversas técnicas (escáneres, fotogrametría, diseño, etc).

Al exportar la malla en este formato puede ser visualizada en software como Adobe Acrobat Reader u otros lectores comunes de archivos PDF.

FORMATO .FBX (MALLA 3D TEXTURIZADA)

FBX es un formato de archivos de dibujo 2D o 3D que permite interoperabilidad entre aplicaciones de Autodesk y otros programas de diseño. La malla 3D con

textura almacenada en este formato puede ser visualizada en Rhino, 3DS Max, Blender y Sketchfab.

FORMATO .DXF (MALLA 3D TEXTURIZADA)

DXF es el formato de intercambio de dibujos de AutoCAD, el formato de archivo DXF fue diseñado originalmente por Autodesk para representar modelos en 3D construidos con AutoCAD.

Exportar la malla 3D en este formato permite visualizar únicamente la malla, sin mostrar su textura. Los archivos pueden ser visualizados en software como AutoCAD, Global Mapper, ArcGIS o Quantum GIS.

2.8. RESUMEN DEL POST PROCESO EN EL PIX4D

Para el desarrollo de esta investigación se realizaron 03 misiones con el dron Ebee Plus en el campus de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, con diferentes niveles de resoluciones y alturas de vuelos, se realizaron los vuelos a 3.0, 3.5, 4.0 cm/pixel, debido a que volar mucho más alto ya no era necesario, ya que deseábamos observar el comportamiento de los resultados a través de su precisión, con la cual tener 3 vuelos a diferentes alturas era suficiente, y que según diferentes bibliografías volar muy alto distorsiona la precisión y la exactitud.

El procedimiento en el software Pix4D se realizó cuidadosamente cumpliendo los procedimientos correctos para obtener los mejores resultados.

Se realizaron 15 procedimientos en el software Pix4D, para la obtención de los resultados más ideales y precisos para la ejecución de esta investigación, los resultados de estos procedimientos se analizaron cuidadosamente en el programa Civil 3d.

Los reportes de calidad de cada procedimiento se visualizan en los anexos de esta presente investigación.

A continuación presentamos un cuadro de resumen de los procedimientos de las 3 misiones en el programa Pix4d.

Tabla 8: Resumen de procedimientos en el software Pix4D

	RESOLUCION ESPACIAL DE VUELO GSD CM/PIXEL	NUMERO DE PUNTOS DE CONTROL	TRASLAPE LONGITUDINAL	TRASLAPE TRANSVERSAL	NUMERO DE IMÁGENES
MISION 01	R=3.0	5	50%	75%	264
	R=3.0	6	50%	75%	264
	R=3.0	7	50%	75%	264
	R=3.0	8	50%	75%	264
	R=3.0	9	50%	75%	264
MISION 02	R= 3.5	5	55%	75%	237
	R= 3.5	6	55%	75%	237
	R= 3.5	7	55%	75%	237
	R= 3.5	8	55%	75%	237
	R= 3.5	9	55%	75%	237
MISION 03	R= 4.0	5	60%	75%	177
	R= 4.0	6	60%	75%	177
	R= 4.0	7	60%	75%	177
	R= 4.0	8	60%	75%	177
	R= 4.0	9	60%	75%	177

FUENTE: Elaboración propia

3. CAPITULO III: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO DE LOS 09 PUNTOS DE CONTROL

3.2 RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL EJE DE LA VIA

3.3 RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON GSD 3.0

3.4 RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON GSD 3.5

3.5 RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON GSD 4.0

3.6 COMPARACIÓN ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICO Y AEROFOTOGRAMETRICO CON RESOLUCIÓN ESPACIAL GSD 3.0

3.7 COMPARACIÓN ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICO Y AEROFOTOGRAMETRICO CON RESOLUCIÓN ESPACIAL GSD 3.5

3.8 COMPARACIÓN ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICO Y AEROFOTOGRAMETRICO CON RESOLUCIÓN ESPACIAL GSD 4.0

3.9 CALCULO DE LA CONFIABILIDAD DE LOS LEVANTAMIENTOS AERFOTRGRAMETRICO

3.1. RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO DE LOS PUNTOS DE CONTROL

La tabla 06 son los resultados del levantamiento geodésico tanto estático y cinemático que se desarrolló en la presente investigación, con ellas nos apoyamos para la realización del levantamiento topográfico con el GPS diferencial con la metodología de levantamiento cinemático del eje de la vía que se encuentra en el campus universitario de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan

TABLA 06: Coordenadas de los 09 puntos de control en la Unheval

PUNTO	DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACION
01	PT 01	362784.090	8900312.425	1938.838
02	PT 02	362942.043	8900208.866	1938.659
03	PT 03	363165.254	8899943.379	1939.980
04	PT 04	363050.891	8899872.011	1942.629
05	PT 05	362964.124	8899839.669	1944.391
06	PT 06	362934.151	8899982.389	1941.843
07	PT 07	362840.945	8900097.527	1941.280
08	PT 08	362938.176	8900110.430	1940.398
09	PT 09	363022.205	8899974.546	1940.870

FUENTE: Elaboración propia

Estas coordenadas tienen una precisión de milímetros, debido a las características del GPS diferencial Trimble modelo R8, que se explicó en su capítulo correspondiente.

3.2. RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL EJE DE LA VIA

Con los valores de la tabla 06, que son las coordenadas de los 09 puntos de control que se distribuyó estratégicamente en todo el área de estudio del campus universitario de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, se levantó el eje de la vía a cada 20 metros, teniendo como resultado los valores en la siguiente tabla:

Tabla 9: Resultados del levantamiento geodésico del eje de la vía de la Unheval

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462
0+220	362930.587	8900240.752	1937.012
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776
0+280	362976.51	8900202.139	1936.582
0+300	362992.201	8900189.751	1936.380
0+320	363009.548	8900179.815	1936.223
0+340	363027.081	8900170.193	1936.089
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326
0+520	363166.791	8900061.32	1937.680
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990

0+560	363186.686	8900026.625	1938.261
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514
0+620	363210.63	8899971.844	1938.582
0+640	363223.81	8899956.812	1938.639
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539
0+700	363217.34	8899899.941	1939.927
0+720	363203.606	8899885.56	1940.317
0+740	363188.123	8899872.907	1940.864
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868
0+820	363124.227	8899824.783	1942.262
0+840	363108.25	8899812.753	1942.658
0+860	363092.224	8899800.788	1943.058
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593
0+960	362997.655	8899785.5	1944.843
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989
0+1000	362962.983	8899804.92	1944.885
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792
0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132

FUENTE: Elaboración propia

Estos resultados fueron corregidos siguiendo la metodología ya descrita en el capítulo 2, en el software Trimble business center, la cual nos sirve para descargar los datos del GPS diferencial después de realizar el levantamiento corregir y procesar los datos para los resultados finales.

3.3. RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAFICO CON GSD 3.0

Los resultados de la Tabla 09, 10, 11, 12 y 13 son aquellos que se desarrollaron después del levantamiento aerofotografico con el dron Ebee Plus y procesados en el software Pix4D, para luego obtener una nube de puntos y procesarlas en el software Civil 3D.

3.3.1. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAFICO CON 05 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 10: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 y con el apoyo de 05 puntos de control

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.018	8900324.309	1940.110
0+020	362758.951	8900322.685	1939.379
0+040	362778.879	8900320.98	1938.829
0+060	362798.806	8900319.273	1938.372
0+080	362818.734	8900317.583	1938.154
0+100	362838.603	8900315.374	1937.917
0+120	362857.320	8900308.732	1937.812
0+140	362872.822	8900296.114	1937.719
0+160	362887.528	8900282.567	1937.634
0+180	362901.780	8900268.535	1937.482
0+200	362916.090	8900254.564	1937.268
0+220	362930.550	8900240.753	1937.140
0+240	362945.763	8900227.771	1936.999
0+260	362961.116	8900214.953	1936.789
0+280	362976.480	8900202.150	1936.583
0+300	362992.183	8900189.780	1936.341
0+320	363009.485	8900179.762	1936.258
0+340	363027.064	8900170.224	1936.140
0+360	363044.528	8900160.479	1935.987
0+380	363062.016	8900150.774	1935.956
0+400	363079.484	8900141.034	1935.946
0+420	363096.941	8900131.275	1936.145
0+440	363113.756	8900120.469	1936.398

0+460	363129.395	8900108.019	1936.699
0+480	363143.339	8900093.701	1937.026
0+500	363155.778	8900078.046	1937.328
0+520	363166.878	8900061.413	1937.720
0+540	363176.961	8900044.142	1938.036
0+560	363186.689	8900026.668	1938.316
0+580	363194.705	8900008.371	1938.440
0+600	363201.345	8899989.508	1938.529
0+620	363210.634	8899971.878	1938.618
0+640	363223.811	8899956.846	1938.674
0+660	363228.511	8899937.893	1939.010
0+680	363225.463	8899918.196	1939.571
0+700	363217.370	8899899.965	1939.914
0+720	363203.623	8899885.599	1940.304
0+740	363188.147	8899872.937	1940.851
0+760	363172.162	8899860.918	1941.034
0+780	363156.194	8899848.875	1941.684
0+800	363140.227	8899836.832	1941.824
0+820	363124.246	8899824.806	1942.257
0+840	363108.274	8899812.769	1942.568
0+860	363092.229	8899800.830	1943.016
0+880	363075.397	8899790.072	1943.400
0+900	363056.712	8899783.041	1943.808
0+920	363037.008	8899779.839	1944.189
0+940	363017.057	8899780.676	1944.533
0+960	362997.689	8899785.539	1944.779
0+980	362979.404	8899793.603	1944.946
0+1000	362963.006	8899804.930	1944.884
0+1020	362950.091	8899820.169	1944.729
0+1040	362940.570	8899837.722	1944.425
0+1060	362932.772	8899856.137	1944.192
0+1080	362925.186	8899874.642	1943.891
0+1100	362917.582	8899893.140	1943.683
0+1120	362909.974	8899911.636	1943.436
0+1140	362902.390	8899930.142	1943.292
0+1160	362894.801	8899948.647	1943.079
0+1167.89	362891.804	8899955.928	1943.059

FUENTE: Elaboración propia

3.3.2. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 06 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 11: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 y con el apoyo de 06 puntos de control

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.804
0+020	362758.953	8900322.676	1939.385
0+040	362778.88	8900320.966	1938.826
0+060	362798.807	8900319.257	1938.413
0+080	362818.738	8900317.596	1938.162
0+100	362838.604	8900315.365	1937.926
0+120	362857.316	8900308.714	1937.804
0+140	362872.813	8900296.084	1937.706
0+160	362887.515	8900282.532	1937.601
0+180	362901.801	8900268.536	1937.448
0+200	362916.096	8900254.548	1937.273
0+220	362930.558	8900240.739	1937.137
0+240	362945.764	8900227.749	1937.003
0+260	362961.116	8900214.931	1936.790
0+280	362976.488	8900202.137	1936.596
0+300	362992.188	8900189.765	1936.350
0+320	363009.491	8900179.752	1936.260
0+340	363027.073	8900170.221	1936.126
0+360	363044.549	8900160.495	1936.015
0+380	363062.015	8900150.751	1935.97
0+400	363079.490	8900141.025	1935.945
0+420	363096.960	8900131.289	1936.147
0+440	363113.764	8900120.464	1936.334
0+460	363129.403	8900108.013	1936.696
0+480	363143.340	8900093.688	1937.014
0+500	363155.756	8900078.013	1937.322
0+520	363166.841	8900061.371	1937.687
0+540	363176.956	8900044.120	1938.014
0+560	363186.696	8900026.651	1938.332
0+580	363194.665	8900008.335	1938.442
0+600	363201.357	8899989.491	1938.535
0+620	363210.635	8899971.859	1938.616

0+640	363223.794	8899956.812	1938.677
0+660	363228.512	8899937.874	1939.014
0+680	363225.454	8899918.170	1939.564
0+700	363217.342	8899899.949	1939.923
0+720	363203.611	8899885.570	1940.320
0+740	363188.126	8899872.916	1940.858
0+760	363172.138	8899860.900	1941.053
0+780	363156.170	8899848.858	1941.690
0+800	363140.210	8899836.805	1941.845
0+820	363124.218	8899824.794	1942.265
0+840	363108.254	8899812.746	1942.573
0+860	363092.208	8899800.808	1943.004
0+880	363075.385	8899790.036	1943.398
0+900	363056.688	8899783.038	1943.813
0+920	363036.983	8899779.858	1944.181
0+940	363017.032	8899780.688	1944.529
0+960	362997.669	8899785.561	1944.798
0+980	362979.377	8899793.604	1944.960
0+1000	362962.998	8899804.956	1944.843
0+1020	362950.078	8899820.191	1944.723
0+1040	362940.560	8899837.743	1944.435
0+1060	362932.765	8899856.160	1944.193
0+1080	362925.163	8899874.659	1943.893
0+1100	362917.570	8899893.161	1943.676
0+1120	362909.971	8899911.662	1943.436
0+1140	362902.389	8899930.169	1943.284
0+1160	362894.786	8899948.667	1943.065
0+1167.89	362891.777	8899955.942	1943.056

FUENTE: Elaboración propia

3.3.3. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 07 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 12: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 y con el apoyo de 07 puntos de control

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.313	1940.561
0+020	362758.953	8900322.672	1939.369

0+040	362778.880	8900320.971	1938.832
0+060	362798.805	8900319.244	1938.391
0+080	362818.737	8900317.594	1938.136
0+100	362838.604	8900315.363	1937.887
0+120	362857.321	8900308.719	1937.798
0+140	362872.819	8900296.094	1937.743
0+160	362887.506	8900282.522	1937.600
0+180	362901.772	8900268.506	1937.475
0+200	362916.091	8900254.544	1937.259
0+220	362930.546	8900240.727	1937.112
0+240	362945.761	8900227.747	1936.980
0+260	362961.106	8900214.921	1936.781
0+280	362976.490	8900202.141	1936.585
0+300	362992.181	8900189.757	1936.333
0+320	363009.493	8900179.758	1936.249
0+340	363027.055	8900170.192	1936.073
0+360	363044.544	8900160.491	1935.967
0+380	363062.017	8900150.760	1935.966
0+400	363079.486	8900141.021	1935.945
0+420	363096.947	8900131.269	1936.125
0+440	363113.751	8900120.445	1936.316
0+460	363129.396	8900108.003	1936.692
0+480	363143.346	8900093.688	1937.025
0+500	363155.754	8900078.007	1937.312
0+520	363166.867	8900061.382	1937.664
0+540	363176.955	8900044.114	1938.005
0+560	363186.638	8900026.615	1938.327
0+580	363194.665	8900008.326	1938.415
0+600	363201.357	8899989.480	1938.519
0+620	363210.626	8899971.840	1938.603
0+640	363223.795	8899956.801	1938.671
0+660	363228.524	8899937.867	1939.003
0+680	363225.446	8899918.165	1939.548
0+700	363217.337	8899899.944	1939.918
0+720	363203.607	8899885.565	1940.299
0+740	363188.138	8899872.893	1940.869
0+760	363172.142	8899860.889	1941.041
0+780	363156.167	8899848.855	1941.696
0+800	363140.208	8899836.800	1941.865
0+820	363124.235	8899824.765	1942.272
0+840	363108.248	8899812.748	1942.583

0+860	363092.215	8899800.793	1943.029
0+880	363075.391	8899790.023	1943.414
0+900	363056.692	8899783.025	1943.823
0+920	363036.987	8899779.836	1944.200
0+940	363017.035	8899780.650	1944.531
0+960	362997.667	8899785.523	1944.798
0+980	362979.381	8899793.583	1944.959
0+1000	362962.995	8899804.932	1944.908
0+1020	362950.084	8899820.175	1944.707
0+1040	362940.570	8899837.730	1944.435
0+1060	362932.777	8899856.147	1944.185
0+1080	362925.197	8899874.654	1943.899
0+1100	362917.582	8899893.147	1943.660
0+1120	362909.973	8899911.642	1943.430
0+1140	362902.394	8899930.150	1943.274
0+1160	362894.775	8899948.641	1943.080
0+1167.89	362891.794	8899955.950	1943.057

FUENTE: Elaboración propia

3.3.4. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 08 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 13: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 y con el apoyo de 08 puntos de control

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.023	8900324.318	1940.081
0+020	362758.957	8900322.692	1939.360
0+040	362778.842	8900320.981	1938.835
0+060	362798.809	8900319.262	1938.410
0+080	362818.740	8900317.594	1938.145
0+100	362838.606	8900315.361	1937.904
0+120	362857.311	8900308.700	1937.813
0+140	362872.809	8900296.075	1937.751
0+160	362887.532	8900282.547	1937.637
0+180	362901.803	8900268.535	1937.519
0+200	362916.086	8900254.538	1937.270
0+220	362930.535	8900240.716	1937.125

0+240	362945.762	8900227.750	1936.999
0+260	362961.110	8900214.928	1936.788
0+280	362976.486	8900202.139	1936.604
0+300	362992.184	8900189.765	1936.344
0+320	363009.486	8900179.751	1936.223
0+340	363027.055	8900170.202	1936.071
0+360	363044.534	8900160.483	1936.034
0+380	363062.007	8900150.752	1935.989
0+400	363079.481	8900141.022	1935.937
0+420	363096.946	8900131.278	1936.128
0+440	363113.749	8900120.448	1936.318
0+460	363129.390	8900108.000	1936.691
0+480	363143.347	8900093.694	1937.051
0+500	363155.763	8900078.019	1937.336
0+520	363166.880	8900061.396	1937.676
0+540	363176.947	8900044.116	1938.012
0+560	363186.647	8900026.627	1938.319
0+580	363194.673	8900008.339	1938.431
0+600	363201.327	8899989.481	1938.524
0+620	363210.610	8899971.844	1938.611
0+640	363223.809	8899956.830	1938.672
0+660	363228.513	8899937.878	1939.010
0+680	363225.457	8899918.174	1939.559
0+700	363217.337	8899899.960	1939.929
0+720	363203.623	8899885.574	1940.317
0+740	363188.139	8899872.923	1940.894
0+760	363172.155	8899860.902	1941.050
0+780	363156.191	8899848.854	1941.721
0+800	363140.224	8899836.812	1941.878
0+820	363124.242	8899824.789	1942.287
0+840	363108.26	8899812.768	1942.595
0+860	363092.210	8899800.835	1943.029
0+880	363075.387	8899790.064	1943.429
0+900	363056.695	8899783.051	1943.833
0+920	363036.990	8899779.853	1944.218
0+940	363017.039	8899780.672	1944.537
0+960	362997.669	8899785.529	1944.785
0+980	362979.382	8899793.585	1944.951
0+1000	362962.991	8899804.923	1944.883
0+1020	362950.087	8899820.171	1944.741
0+1040	362940.569	8899837.724	1944.449

0+1060	362932.781	8899856.142	1944.189
0+1080	362925.169	8899874.636	1943.897
0+1100	362917.579	8899893.139	1943.674
0+1120	362909.975	8899911.637	1943.437
0+1140	362902.400	8899930.146	1943.284
0+1160	362894.797	8899948.644	1943.061
0+1167.89	362891.787	8899955.938	1943.057

FUENTE: Elaboración propia

3.3.5. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 09 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 14: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 y con el apoyo de 09 puntos de control

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.208
0+020	362758.952	8900322.668	1939.353
0+040	362778.880	8900320.963	1938.848
0+060	362798.806	8900319.253	1938.371
0+080	362818.737	8900317.583	1938.167
0+100	362838.605	8900315.360	1937.907
0+120	362857.305	8900308.697	1937.789
0+140	362872.815	8900296.087	1937.733
0+160	362887.516	8900282.533	1937.648
0+180	362901.787	8900268.522	1937.471
0+200	362916.088	8900254.542	1937.278
0+220	362930.545	8900240.727	1937.125
0+240	362945.762	8900227.750	1937.017
0+260	362961.123	8900214.943	1936.794
0+280	362976.496	8900202.149	1936.589
0+300	362992.188	8900189.768	1936.349
0+320	363009.488	8900179.749	1936.265
0+340	363027.062	8900170.204	1936.066
0+360	363044.556	8900160.512	1935.997
0+380	363062.022	8900150.769	1935.993
0+400	363079.489	8900141.027	1935.959
0+420	363096.969	8900131.309	1936.139

0+440	363113.763	8900120.466	1936.351
0+460	363129.412	8900108.028	1936.707
0+480	363143.350	8900093.704	1937.027
0+500	363155.757	8900078.022	1937.317
0+520	363166.858	8900061.389	1937.681
0+540	363176.948	8900044.124	1938.016
0+560	363186.660	8900026.641	1938.326
0+580	363194.678	8900008.349	1938.447
0+600	363201.355	8899989.499	1938.538
0+620	363210.625	8899971.864	1938.619
0+640	363223.802	8899956.833	1938.690
0+660	363228.507	8899937.883	1939.022
0+680	363225.447	8899918.183	1939.584
0+700	363217.355	8899899.957	1939.935
0+720	363203.622	8899885.584	1940.316
0+740	363188.150	8899872.915	1940.891
0+760	363172.162	8899860.899	1941.044
0+780	363156.175	8899848.882	1941.707
0+800	363140.224	8899836.818	1941.839
0+820	363124.237	8899824.800	1942.247
0+840	363108.268	8899812.759	1942.607
0+860	363092.226	8899800.816	1943.024
0+880	363075.407	8899790.035	1943.427
0+900	363056.705	8899783.041	1943.845
0+920	363037.002	8899779.854	1944.213
0+940	363017.053	8899780.692	1944.555
0+960	362997.675	8899785.517	1944.791
0+980	362979.394	8899793.587	1944.967
0+1000	362963.015	8899804.938	1944.897
0+1020	362950.075	8899820.156	1944.721
0+1040	362940.564	8899837.716	1944.444
0+1060	362932.776	8899856.135	1944.190
0+1080	362925.180	8899874.636	1943.893
0+1100	362917.594	8899893.140	1943.699
0+1120	362909.977	8899911.632	1943.458
0+1140	362902.383	8899930.135	1943.289
0+1160	362894.780	8899948.633	1943.091
0+1167.89	362891.781	8899955.957	1943.069

FUENTE: Elaboración propia

3.4. RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON GSD 3.5

Los resultados de la Tabla 14, 15, 16,17 y 18 son también aquellos resultados que se desarrollaron después del levantamiento aerofotografico con el dron Ebee Plus y procesados en el software Pix4D, para luego obtener una nube de puntos y procesarlas en el software Civil 3D.

3.4.1. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 05 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 15: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 y con el apoyo de 05 puntos de control

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.024	8900324.310	1941.720
0+020	362758.957	8900322.679	1939.446
0+040	362778.884	8900320.973	1938.909
0+060	362798.811	8900319.264	1938.442
0+080	362818.740	8900317.589	1938.242
0+100	362838.605	8900315.349	1937.948
0+120	362857.319	8900308.703	1937.806
0+140	362872.842	8900296.108	1937.748
0+160	362887.523	8900282.529	1937.668
0+180	362901.820	8900268.544	1937.485
0+200	362916.084	8900254.525	1937.296
0+220	362930.548	8900240.719	1937.109
0+240	362945.788	8900227.767	1936.968
0+260	362961.136	8900214.945	1936.795
0+280	362976.490	8900202.129	1936.614
0+300	362992.196	8900189.762	1936.372
0+320	363009.495	8900179.743	1936.262
0+340	363027.073	8900170.202	1936.088
0+360	363044.553	8900160.486	1936.029
0+380	363062.025	8900150.753	1936.015
0+400	363079.491	8900141.009	1935.987
0+420	363096.965	8900131.279	1936.173

0+440	363113.768	8900120.452	1936.399
0+460	363129.433	8900108.033	1936.686
0+480	363143.372	8900093.707	1937.075
0+500	363155.764	8900078.014	1937.387
0+520	363166.887	8900061.395	1937.712
0+540	363176.988	8900044.135	1938.044
0+560	363186.681	8900026.641	1938.306
0+580	363194.681	8900008.342	1938.461
0+600	363201.350	8899989.489	1938.576
0+620	363210.637	8899971.858	1938.652
0+640	363223.824	8899956.836	1938.699
0+660	363228.515	8899937.881	1939.092
0+680	363225.456	8899918.177	1939.589
0+700	363217.339	8899899.969	1939.924
0+720	363203.600	8899885.585	1940.359
0+740	363188.129	8899872.917	1940.872
0+760	363172.139	8899860.905	1941.076
0+780	363156.176	8899848.857	1941.716
0+800	363140.224	8899836.792	1941.835
0+820	363124.227	8899824.789	1942.276
0+840	363108.250	8899812.759	1942.638
0+860	363092.202	8899800.823	1942.993
0+880	363075.399	8899790.018	1943.401
0+900	363056.698	8899783.016	1943.823
0+920	363036.990	8899779.826	1944.198
0+940	363017.037	8899780.671	1944.549
0+960	362997.677	8899785.560	1944.828
0+980	362979.381	8899793.585	1944.952
0+1000	362962.997	8899804.927	1944.859
0+1020	362950.102	8899820.181	1944.758
0+1040	362940.583	8899837.734	1944.475
0+1060	362932.804	8899856.158	1944.174
0+1080	362925.194	8899874.654	1943.869
0+1100	362917.564	8899893.141	1943.667
0+1120	362909.971	8899911.643	1943.438
0+1140	362902.384	8899930.148	1943.299
0+1160	362894.785	8899948.648	1943.062
0+1167.89	362891.788	8899955.942	1943.056

FUENTE: Elaboración propia

3.4.2. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 06 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 16: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 y con el apoyo de 06 puntos de control

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.021	8900324.307	1940.889
0+020	362758.954	8900322.682	1939.421
0+040	362778.881	8900320.974	1938.882
0+060	362798.808	8900319.266	1938.458
0+080	362818.739	8900317.602	1938.140
0+100	362838.602	8900315.352	1937.926
0+120	362857.309	8900308.697	1937.825
0+140	362872.830	8900296.103	1937.760
0+160	362887.515	8900282.530	1937.649
0+180	362901.816	8900268.548	1937.448
0+200	362916.086	8900254.536	1937.287
0+220	362930.531	8900240.708	1937.070
0+240	362945.776	8900227.764	1936.966
0+260	362961.130	8900214.948	1936.778
0+280	362976.482	8900202.131	1936.618
0+300	362992.196	8900189.775	1936.384
0+320	363009.497	8900179.759	1936.265
0+340	363027.071	8900170.213	1936.101
0+360	363044.552	8900160.496	1936.046
0+380	363062.006	8900150.733	1936.043
0+400	363079.501	8900141.042	1935.998
0+420	363096.959	8900131.284	1936.195
0+440	363113.772	8900120.471	1936.429
0+460	363129.432	8900108.046	1936.727
0+480	363143.347	8900093.703	1937.067
0+500	363155.769	8900078.033	1937.352
0+520	363166.890	8900061.414	1937.691
0+540	363176.985	8900044.151	1938.038
0+560	363186.661	8900026.648	1938.311
0+580	363194.659	8900008.347	1938.462
0+600	363201.373	8899989.510	1938.584
0+620	363210.618	8899971.858	1938.649

0+640	363223.795	8899956.827	1938.688
0+660	363228.531	8899937.891	1939.078
0+680	363225.465	8899918.190	1939.572
0+700	363217.353	8899899.969	1939.993
0+720	363203.600	8899885.612	1940.317
0+740	363188.143	8899872.927	1940.893
0+760	363172.151	8899860.917	1941.051
0+780	363156.202	8899848.849	1941.694
0+800	363140.224	8899836.821	1941.788
0+820	363124.247	8899824.789	1942.213
0+840	363108.259	8899812.774	1942.549
0+860	363092.224	8899800.821	1942.950
0+880	363075.416	8899790.026	1943.369
0+900	363056.718	8899783.020	1943.802
0+920	363037.012	8899779.833	1944.163
0+940	363017.061	8899780.689	1944.608
0+960	362997.685	8899785.513	1944.828
0+980	362979.384	8899793.545	1944.960
0+1000	362963.018	8899804.915	1944.881
0+1020	362950.119	8899820.165	1944.728
0+1040	362940.633	8899837.732	1944.473
0+1060	362932.817	8899856.139	1944.186
0+1080	362925.182	8899874.624	1943.883
0+1100	362917.596	8899893.130	1943.695
0+1120	362909.989	8899911.626	1943.434
0+1140	362902.380	8899930.122	1943.314
0+1160	362894.788	8899948.625	1943.081
0+1167.89	362891.771	8899955.934	1943.074

FUENTE: Elaboración propia

3.4.3. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 07 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 17: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 y con el apoyo de 07 puntos de control

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.308	1940.992

0+020	362758.910	8900322.676	1939.432
0+040	362778.879	8900320.957	1938.889
0+060	362798.805	8900319.237	1938.411
0+080	362818.738	8900317.603	1938.144
0+100	362838.603	8900315.349	1937.908
0+120	362857.308	8900308.686	1937.809
0+140	362872.832	8900296.092	1937.788
0+160	362887.519	8900282.523	1937.647
0+180	362901.820	8900268.541	1937.474
0+200	362916.079	8900254.517	1937.295
0+220	362930.564	8900240.733	1937.104
0+240	362945.769	8900227.741	1936.929
0+260	362961.123	8900214.926	1936.771
0+280	362976.483	8900202.117	1936.609
0+300	362992.201	8900189.769	1936.363
0+320	363009.499	8900179.745	1936.252
0+340	363027.075	8900170.200	1936.106
0+360	363044.553	8900160.479	1936.025
0+380	363062.014	8900150.727	1936.037
0+400	363079.486	8900140.994	1936.002
0+420	363096.967	8900131.277	1936.188
0+440	363113.789	8900120.476	1936.419
0+460	363129.424	8900108.020	1936.708
0+480	363143.362	8900093.695	1937.030
0+500	363155.776	8900078.018	1937.351
0+520	363166.870	8900061.382	1937.746
0+540	363176.972	8900044.122	1938.042
0+560	363186.689	8900026.641	1938.300
0+580	363194.637	8900008.317	1938.434
0+600	363201.343	8899989.478	1938.564
0+620	363210.619	8899971.838	1938.624
0+640	363223.814	8899956.827	1938.664
0+660	363228.510	8899937.877	1939.057
0+680	363225.456	8899918.178	1939.553
0+700	363217.338	8899899.964	1939.986
0+720	363203.592	8899885.597	1940.341
0+740	363188.125	8899872.924	1940.904
0+760	363172.142	8899860.903	1941.068
0+780	363156.179	8899848.854	1941.678
0+800	363140.226	8899836.792	1941.797
0+820	363124.230	8899824.787	1942.235

0+840	363108.239	8899812.775	1942.556
0+860	363092.203	8899800.823	1942.964
0+880	363075.396	8899790.029	1943.374
0+900	363056.694	8899783.036	1943.792
0+920	363036.991	8899779.834	1944.181
0+940	363017.040	8899780.659	1944.533
0+960	362997.670	8899785.518	1944.747
0+980	362979.381	8899793.568	1944.933
0+1000	362962.992	8899804.909	1944.847
0+1020	362950.094	8899820.162	1944.735
0+1040	362940.610	8899837.733	1944.465
0+1060	362932.787	8899856.138	1944.186
0+1080	362925.189	8899874.638	1943.867
0+1100	362917.577	8899893.133	1943.695
0+1120	362909.961	8899911.626	1943.456
0+1140	362902.389	8899930.137	1943.317
0+1160	362894.789	8899948.636	1943.090
0+1167.89	362891.764	8899955.937	1943.082

FUENTE: Elaboración propia

3.4.4. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 08 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 18: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 y con el apoyo de 08 puntos de control

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.933
0+020	362758.952	8900322.657	1939.414
0+040	362778.879	8900320.954	1938.864
0+060	362798.806	8900319.249	1938.413
0+080	362818.739	8900317.609	1938.110
0+100	362838.601	8900315.340	1937.894
0+120	362857.292	8900308.660	1937.796
0+140	362872.844	8900296.106	1937.765
0+160	362887.536	8900282.541	1937.627
0+180	362901.824	8900268.546	1937.395
0+200	362916.092	8900254.532	1937.255

0+220	362930.558	8900240.727	1937.083
0+240	362945.776	8900227.750	1936.940
0+260	362961.122	8900214.924	1936.776
0+280	362976.499	8900202.136	1936.618
0+300	362992.205	8900189.771	1936.365
0+320	363009.501	8900179.746	1936.257
0+340	363027.067	8900170.184	1936.094
0+360	363044.549	8900160.469	1936.016
0+380	363062.019	8900150.732	1936.024
0+400	363079.497	8900141.010	1935.980
0+420	363096.970	8900131.279	1936.165
0+440	363113.775	8900120.453	1936.400
0+460	363129.420	8900108.010	1936.698
0+480	363143.358	8900093.686	1937.084
0+500	363155.773	8900078.011	1937.366
0+520	363166.877	8900061.382	1937.703
0+540	363176.967	8900044.116	1938.037
0+560	363186.678	8900026.633	1938.285
0+580	363194.665	8900008.329	1938.441
0+600	363201.346	8899989.481	1938.556
0+620	363210.603	8899971.830	1938.638
0+640	363223.800	8899956.815	1938.678
0+660	363228.514	8899937.885	1939.079
0+680	363225.489	8899918.178	1939.603
0+700	363217.322	8899899.984	1940.002
0+720	363203.599	8899885.603	1940.343
0+740	363188.140	8899872.919	1940.937
0+760	363172.153	8899860.902	1941.080
0+780	363156.198	8899848.842	1941.722
0+800	363140.219	8899836.815	1941.827
0+820	363124.233	8899824.796	1942.258
0+840	363108.261	8899812.759	1942.644
0+860	363092.205	8899800.835	1943.001
0+880	363075.399	8899790.043	1943.403
0+900	363056.699	8899783.040	1943.834
0+920	363036.995	8899779.853	1944.203
0+940	363017.042	8899780.668	1944.583
0+960	362997.684	8899785.560	1944.823
0+980	362979.384	8899793.580	1944.962
0+1000	362962.992	8899804.913	1944.888
0+1020	362950.090	8899820.166	1944.748

0+1040	362940.590	8899837.729	1944.487
0+1060	362932.800	8899856.147	1944.200
0+1080	362925.182	8899874.639	1943.894
0+1100	362917.589	8899893.142	1943.708
0+1120	362909.969	8899911.633	1943.459
0+1140	362902.380	8899930.137	1943.321
0+1160	362894.802	8899948.646	1943.085
0+1167.89	362891.777	8899955.940	1943.086

FUENTE: Elaboración propia

3.4.5. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 09 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 19: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 y con el apoyo de 09 puntos de control

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.019	8900324.282	1940.050
0+020	362758.953	8900322.660	1939.411
0+040	362778.882	8900320.977	1938.866
0+060	362798.808	8900319.262	1938.421
0+080	362818.735	8900317.555	1938.118
0+100	362838.603	8900315.347	1937.884
0+120	362857.316	8900308.696	1937.822
0+140	362872.846	8900296.110	1937.798
0+160	362887.520	8900282.526	1937.634
0+180	362901.815	8900268.540	1937.452
0+200	362916.084	8900254.526	1937.280
0+220	362930.539	8900240.710	1937.099
0+240	362945.767	8900227.746	1936.954
0+260	362961.123	8900214.932	1936.771
0+280	362976.480	8900202.121	1936.619
0+300	362992.192	8900189.761	1936.373
0+320	363009.486	8900179.729	1936.264
0+340	363027.064	8900170.190	1936.120
0+360	363044.545	8900160.475	1936.050
0+380	363062.014	8900150.737	1936.048
0+400	363079.488	8900141.009	1936.002

0+420	363096.946	8900131.252	1936.177
0+440	363113.758	8900120.446	1936.422
0+460	363129.422	8900108.029	1936.733
0+480	363143.371	8900093.715	1937.093
0+500	363155.768	8900078.024	1937.380
0+520	363166.877	8900061.398	1937.774
0+540	363176.957	8900044.125	1938.046
0+560	363186.654	8900026.641	1938.305
0+580	363194.642	8900008.340	1938.447
0+600	363201.350	8899989.503	1938.571
0+620	363210.601	8899971.853	1938.641
0+640	363223.822	8899956.859	1938.687
0+660	363228.531	8899937.904	1939.073
0+680	363225.466	8899918.204	1939.575
0+700	363217.349	8899899.991	1939.985
0+720	363203.623	8899885.611	1940.356
0+740	363188.153	8899872.941	1940.864
0+760	363172.173	8899860.913	1941.045
0+780	363156.209	8899848.868	1941.715
0+800	363140.245	8899836.821	1941.823
0+820	363124.248	8899824.817	1942.288
0+840	363108.274	8899812.784	1942.591
0+860	363092.235	8899800.837	1942.988
0+880	363075.413	8899790.064	1943.388
0+900	363056.720	8899783.051	1943.822
0+920	363037.018	8899779.835	1944.237
0+940	363017.066	8899780.651	1944.563
0+960	362997.693	8899785.504	1944.841
0+980	362979.416	8899793.579	1944.954
0+1000	362963.016	8899804.895	1944.894
0+1020	362950.097	8899820.130	1944.752
0+1040	362940.606	8899837.700	1944.485
0+1060	362932.797	8899856.111	1944.200
0+1080	362925.211	8899874.616	1943.887
0+1100	362917.578	8899893.102	1943.703
0+1120	362909.980	8899911.602	1943.462
0+1140	362902.389	8899930.106	1943.341
0+1160	362894.813	8899948.615	1943.087
0+1167.89	362891.776	8899955.936	1943.086

FUENTE: Elaboración propia

3.5. RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON GSD 4.0

Los resultados de la Tabla 19, 20, 21, 22 y 23 son también aquellos resultados que se desarrollaron después del levantamiento aerofotografico con el dron Ebee Plus y procesados en el software Pix4D, para luego obtener una nube de puntos y procesarlas en el software Civil 3D.

3.5.1. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 05 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 20: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 y con el apoyo de 05 puntos de control

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.016	8900324.310	1940.227
0+020	362758.952	8900322.704	1939.312
0+040	362778.875	8900320.957	1938.847
0+060	362798.801	8900319.233	1938.402
0+080	362818.730	8900317.548	1938.219
0+100	362838.594	8900315.301	1937.964
0+120	362857.299	8900308.659	1937.891
0+140	362872.844	8900296.094	1937.764
0+160	362887.510	8900282.501	1937.703
0+180	362901.822	8900268.531	1937.523
0+200	362916.112	8900254.539	1937.267
0+220	362930.566	8900240.723	1937.162
0+240	362945.801	8900227.766	1936.985
0+260	362961.150	8900214.944	1936.921
0+280	362976.527	8900202.154	1936.624
0+300	362992.193	8900189.725	1936.380
0+320	363009.535	8900179.776	1936.346
0+340	363027.080	8900170.175	1936.121
0+360	363044.573	8900160.481	1936.091
0+380	363062.039	8900150.738	1936.073
0+400	363079.506	8900140.996	1936.043
0+420	363096.932	8900131.181	1936.183

0+440	363113.766	8900120.404	1936.491
0+460	363129.399	8900107.934	1936.756
0+480	363143.361	8900093.647	1937.169
0+500	363155.810	8900077.998	1937.398
0+520	363166.865	8900061.336	1937.780
0+540	363177.014	8900044.103	1938.045
0+560	363186.708	8900026.609	1938.386
0+580	363194.714	8900008.306	1938.527
0+600	363201.445	8899989.475	1938.582
0+620	363210.688	8899971.830	1938.673
0+640	363223.836	8899956.773	1938.745
0+660	363228.502	8899937.841	1939.123
0+680	363225.491	8899918.139	1939.649
0+700	363217.303	8899899.960	1939.970
0+720	363203.549	8899885.595	1940.211
0+740	363188.092	8899872.912	1940.944
0+760	363172.156	8899860.828	1941.138
0+780	363156.111	8899848.900	1941.138
0+800	363140.219	8899836.760	1942.002
0+820	363124.210	8899824.772	1942.375
0+840	363108.214	8899812.767	1942.712
0+860	363092.132	8899800.878	1943.083
0+880	363075.354	8899790.038	1943.518
0+900	363056.644	8899783.066	1943.908
0+920	363036.939	8899779.884	1944.292
0+940	363016.990	8899780.766	1944.621
0+960	362997.619	8899785.604	1944.912
0+980	362979.349	8899793.690	1945.011
0+1000	362962.962	8899805.024	1944.909
0+1020	362950.034	8899820.251	1944.778
0+1040	362940.565	8899837.834	1944.455
0+1060	362932.770	8899856.248	1944.255
0+1080	362925.145	8899874.738	1943.954
0+1100	362917.547	8899893.238	1943.714
0+1120	362909.931	8899911.731	1943.442
0+1140	362902.319	8899930.226	1943.313
0+1160	362894.713	8899948.723	1943.097
0+1167.89	362891.745	8899955.945	1943.054

FUENTE: Elaboración propia

3.5.2. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 06 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 21: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 y con el apoyo de 06 puntos de control

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.309	1940.234
0+020	362758.953	8900322.673	1939.319
0+040	362778.879	8900320.964	1938.845
0+060	362798.808	8900319.289	1938.412
0+080	362818.736	8900317.595	1938.249
0+100	362838.598	8900315.312	1937.966
0+120	362857.314	8900308.673	1937.849
0+140	362872.848	8900296.094	1937.688
0+160	362887.527	8900282.516	1937.697
0+180	362901.835	8900268.541	1937.505
0+200	362916.108	8900254.531	1937.281
0+220	362930.698	8900240.855	1937.180
0+240	362945.774	8900227.719	1937.003
0+260	362961.145	8900214.923	1936.844
0+280	362976.557	8900202.178	1936.625
0+300	362992.288	8900189.849	1936.380
0+320	363009.562	8900179.799	1936.281
0+340	363027.112	8900170.208	1936.110
0+360	363044.602	8900160.507	1936.100
0+380	363062.066	8900150.760	1936.065
0+400	363079.545	8900141.040	1936.006
0+420	363096.983	8900131.247	1936.123
0+440	363113.762	8900120.384	1936.536
0+460	363129.427	8900107.975	1936.723
0+480	363143.378	8900093.664	1937.089
0+500	363155.806	8900077.999	1937.374
0+520	363166.847	8900061.326	1937.762
0+540	363176.972	8900044.082	1938.012
0+560	363186.720	8900026.619	1938.339
0+580	363194.698	8900008.305	1938.502
0+600	363201.392	8899989.460	1938.562
0+620	363210.710	8899971.850	1938.642

0+640	363223.825	8899956.769	1938.768
0+660	363228.523	8899937.820	1939.091
0+680	363225.439	8899918.118	1939.618
0+700	363217.296	8899899.911	1939.952
0+720	363203.443	8899885.681	1940.310
0+740	363188.108	8899872.847	1940.958
0+760	363172.119	8899860.833	1941.096
0+780	363156.147	8899848.796	1941.805
0+800	363140.159	8899836.780	1941.919
0+820	363124.176	8899824.758	1942.387
0+840	363108.169	8899812.767	1942.746
0+860	363092.151	8899800.790	1943.152
0+880	363075.294	8899790.079	1943.559
0+900	363056.609	8899783.059	1943.951
0+920	363036.912	8899779.851	1944.306
0+940	363016.962	8899780.727	1944.684
0+960	362997.608	8899785.635	1944.904
0+980	362979.336	8899793.716	1945.021
0+1000	362962.921	8899805.010	1944.926
0+1020	362950.022	8899820.259	1944.787
0+1040	362940.526	8899837.822	1944.464
0+1060	362932.762	8899856.251	1944.247
0+1080	362925.146	8899874.744	1943.944
0+1100	362917.551	8899893.246	1943.725
0+1120	362909.949	8899911.745	1943.445
0+1140	362902.344	8899930.243	1943.337
0+1160	362894.731	8899948.737	1943.074
0+1167.89	362891.794	8899955.950	1943.072

FUENTE: Elaboración propia

3.5.3. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 07 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 22: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 y con el apoyo de 07 puntos de control

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.016	8900324.329	1940.788

0+020	362758.948	8900322.673	1939.386
0+040	362778.877	8900320.986	1938.842
0+060	362798.804	8900319.279	1938.397
0+080	362818.732	8900317.595	1938.237
0+100	362838.601	8900315.362	1937.976
0+120	362857.325	8900308.708	1937.846
0+140	362872.835	8900296.096	1937.792
0+160	362887.523	8900282.527	1937.708
0+180	362901.825	8900268.547	1937.494
0+200	362916.103	8900254.542	1937.277
0+220	362930.588	8900240.759	1937.153
0+240	362945.795	8900227.771	1936.974
0+260	362961.142	8900214.947	1936.839
0+280	362976.539	8900202.183	1936.601
0+300	362992.210	8900189.775	1936.367
0+320	363009.514	8900179.764	1936.273
0+340	363027.100	8900170.238	1936.105
0+360	363044.571	8900160.505	1936.114
0+380	363062.030	8900150.749	1936.047
0+400	363079.497	8900141.007	1936.028
0+420	363096.980	8900131.293	1936.165
0+440	363113.768	8900120.443	1936.485
0+460	363129.422	8900108.013	1936.755
0+480	363143.344	8900093.676	1937.155
0+500	363155.795	8900078.029	1937.383
0+520	363166.867	8900061.377	1937.778
0+540	363177.010	8900044.142	1938.044
0+560	363186.680	8900026.635	1938.373
0+580	363194.714	8900008.350	1938.535
0+600	363201.363	8899989.489	1938.560
0+620	363210.645	8899971.857	1938.681
0+640	363223.805	8899956.806	1938.782
0+660	363228.536	8899937.865	1939.120
0+680	363225.382	8899918.186	1939.615
0+700	363217.316	8899899.960	1939.969
0+720	363203.593	8899885.570	1940.335
0+740	363188.123	8899872.897	1940.935
0+760	363172.146	8899860.867	1941.120
0+780	363156.174	8899848.832	1941.824
0+800	363140.205	8899836.790	1942.040
0+820	363124.235	8899824.750	1942.393

0+840	363108.214	8899812.779	1942.728
0+860	363092.159	8899800.853	1943.108
0+880	363075.348	8899790.059	1943.529
0+900	363056.662	8899783.022	1943.928
0+920	363036.952	8899779.883	1944.271
0+940	363017.014	8899780.808	1944.676
0+960	362997.644	8899785.636	1944.892
0+980	362979.359	8899793.687	1945.002
0+1000	362962.969	8899805.015	1944.907
0+1020	362950.048	8899820.249	1944.782
0+1040	362940.552	8899837.819	1944.460
0+1060	362932.760	8899856.238	1944.234
0+1080	362925.124	8899874.722	1943.941
0+1100	362917.554	8899893.235	1943.728
0+1120	362909.929	8899911.724	1943.484
0+1140	362902.333	8899930.226	1943.298
0+1160	362894.744	8899948.730	1943.094
0+1167.89	362891.780	8899955.949	1943.062

FUENTE: Elaboración propia

3.5.4. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 08 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 23: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 y con el apoyo de 08 puntos de control

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.022	8900324.308	1940.326
0+020	362758.954	8900322.666	1939.401
0+040	362778.882	8900320.968	1938.843
0+060	362798.809	8900319.262	1938.441
0+080	362818.737	8900317.564	1938.198
0+100	362838.600	8900315.339	1937.962
0+120	362857.309	8900308.672	1937.832
0+140	362872.843	8900296.090	1937.616
0+160	362887.552	8900282.541	1937.701
0+180	362901.833	8900268.540	1937.481
0+200	362916.127	8900254.552	1937.285

0+220	362930.562	8900240.714	1937.146
0+240	362945.810	8900227.772	1936.966
0+260	362961.118	8900214.902	1936.857
0+280	362976.530	8900202.156	1936.586
0+300	362992.206	8900189.752	1936.359
0+320	363009.508	8900179.739	1936.328
0+340	363027.094	8900170.213	1936.093
0+360	363044.581	8900160.507	1936.008
0+380	363062.042	8900150.755	1936.028
0+400	363079.508	8900141.012	1936.003
0+420	363096.963	8900131.249	1936.129
0+440	363113.769	8900120.435	1936.450
0+460	363129.415	8900107.999	1936.722
0+480	363143.337	8900093.663	1937.129
0+500	363155.773	8900078.005	1937.370
0+520	363166.885	8900061.380	1937.751
0+540	363177.001	8900044.129	1938.016
0+560	363186.693	8900026.635	1938.333
0+580	363194.690	8900008.331	1938.476
0+600	363201.345	8899989.473	1938.529
0+620	363210.625	8899971.836	1938.615
0+640	363223.797	8899956.800	1938.708
0+660	363228.513	8899937.860	1939.073
0+680	363225.464	8899918.162	1939.605
0+700	363217.311	8899899.964	1939.960
0+720	363203.573	8899885.599	1940.313
0+740	363188.108	8899872.923	1940.921
0+760	363172.156	8899860.859	1941.113
0+780	363156.191	8899848.812	1941.806
0+800	363140.216	8899836.779	1942.034
0+820	363124.214	8899824.781	1942.372
0+840	363108.219	8899812.775	1942.708
0+860	363092.172	8899800.839	1943.148
0+880	363075.357	8899790.054	1943.517
0+900	363056.657	8899783.052	1943.939
0+920	363036.950	8899779.882	1944.284
0+940	363017.002	8899780.739	1944.600
0+960	362997.630	8899785.589	1944.911
0+980	362979.337	8899793.635	1945.028
0+1000	362962.950	8899804.978	1944.924
0+1020	362950.041	8899820.221	1944.790

0+1040	362940.571	8899837.799	1944.471
0+1060	362932.759	8899856.208	1944.241
0+1080	362925.158	8899874.707	1943.956
0+1100	362917.572	8899893.212	1943.737
0+1120	362909.937	8899911.698	1943.463
0+1140	362902.346	8899930.201	1943.324
0+1160	362894.736	8899948.696	1943.093
0+1167.89	362891.783	8899955.958	1943.070

FUENTE: Elaboración propia

3.5.5. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO CON 09 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 24: Resultados del levantamiento aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 y con el apoyo de 09 puntos de control

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.810
0+020	362758.953	8900322.680	1939.341
0+040	362778.880	8900320.967	1938.861
0+060	362798.808	8900319.281	1938.406
0+080	362818.736	8900317.584	1938.244
0+100	362838.594	8900315.320	1937.982
0+120	362857.326	8900308.699	1937.905
0+140	362872.833	8900296.086	1937.804
0+160	362887.540	8900282.540	1937.690
0+180	362901.818	8900268.535	1937.494
0+200	362916.122	8900254.558	1937.269
0+220	362930.539	8900240.702	1937.148
0+240	362945.762	8900227.732	1936.986
0+260	362961.128	8900214.929	1936.880
0+280	362976.522	8900202.162	1936.605
0+300	362992.207	8900189.769	1936.366
0+320	363009.522	8900179.780	1936.332
0+340	363027.091	8900170.223	1936.098
0+360	363044.562	8900160.489	1936.077
0+380	363062.042	8900150.771	1936.037
0+400	363079.503	8900141.020	1936.002

0+420	363096.981	8900131.299	1936.125
0+440	363113.778	8900120.461	1936.459
0+460	363129.396	8900107.985	1936.720
0+480	363143.360	8900093.687	1937.087
0+500	363155.762	8900078.003	1937.366
0+520	363166.885	8900061.386	1937.765
0+540	363176.962	8900044.114	1938.010
0+560	363186.691	8900026.640	1938.360
0+580	363194.695	8900008.341	1938.480
0+600	363201.366	8899989.489	1938.549
0+620	363210.644	8899971.855	1938.646
0+640	363223.807	8899956.810	1938.707
0+660	363228.513	8899937.873	1939.095
0+680	363225.482	8899918.165	1939.606
0+700	363217.364	8899899.951	1939.946
0+720	363203.600	8899885.598	1940.277
0+740	363188.147	8899872.908	1940.932
0+760	363172.162	8899860.888	1941.108
0+780	363156.186	8899848.857	1941.759
0+800	363140.227	8899836.802	1942.010
0+820	363124.215	8899824.818	1942.369
0+840	363108.236	8899812.791	1942.701
0+860	363092.197	8899800.843	1943.086
0+880	363075.383	8899790.061	1943.507
0+900	363056.697	8899783.023	1943.916
0+920	363036.991	8899779.843	1944.283
0+940	363017.043	8899780.725	1944.595
0+960	362997.667	8899785.549	1944.873
0+980	362979.384	8899793.619	1945.001
0+1000	362962.983	8899804.943	1944.914
0+1020	362950.071	8899820.186	1944.785
0+1040	362940.595	8899837.762	1944.462
0+1060	362932.772	8899856.166	1944.226
0+1080	362925.161	8899874.662	1943.946
0+1100	362917.574	8899893.166	1943.743
0+1120	362909.965	8899911.662	1943.460
0+1140	362902.378	8899930.167	1943.329
0+1160	362894.758	8899948.659	1943.106
0+1167.89	362891.766	8899955.942	1943.080

FUENTE: Elaboración propia

3.6. COMPARACION ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICO CON RESOLUCION ESPACIAL GSD 3.0

Los resultados obtenidos en las tablas del capítulo III, pasaron por diversos softwares de procesamientos, desde el procedimiento de reconocimiento visual del terreno y la colocación de los puntos de control donde se emplearon el programa de Google Earth Pro, luego para realizar el planeamiento de vuelo se utilizó el software Emotion 3, posteriormente para el post proceso de las imágenes y la elaboración del proceso de la fotogrametría, se utilizó el software Pix4D, consecuentemente para el procesamiento de la nube de puntos se usó el programa Civil 3D y finalmente para el análisis de los datos y graficas se utilizó el programa de Microsoft Excel.

3.6.1. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.0 Y 05 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 25: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control

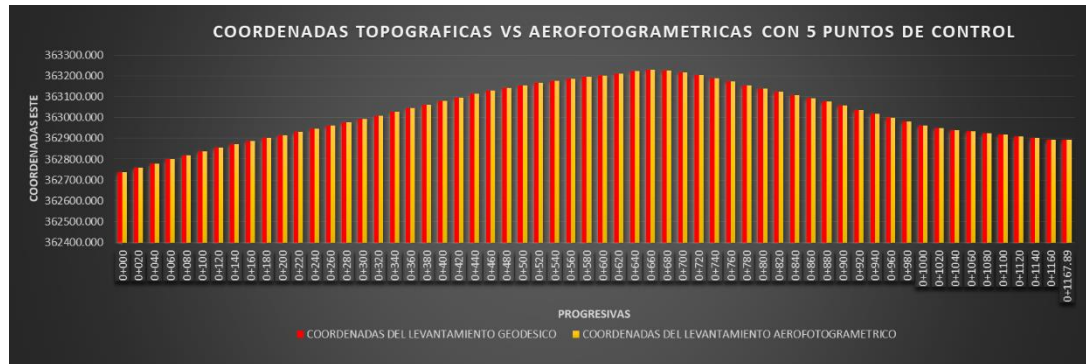
PROGRESIVA	COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO			RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICICO			ERROR DE PROYECCION		
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115	362739.016	8900324.310	1940.227	-0.004	0.004	0.112
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425	362758.952	8900322.704	1939.312	0.000	0.051	-0.113
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838	362778.875	8900320.957	1938.847	-0.007	-0.034	0.009
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389	362798.801	8900319.233	1938.402	-0.010	-0.073	0.013
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202	362818.730	8900317.548	1938.219	-0.011	-0.086	0.017
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926	362838.594	8900315.301	1937.964	-0.009	-0.059	0.038
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816	362857.299	8900308.659	1937.891	-0.039	-0.079	0.075
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723	362872.844	8900296.094	1937.764	0.203	0.209	0.041
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580	362887.510	8900282.501	1937.703	0.045	0.042	0.123
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439	362901.822	8900268.531	1937.523	-0.002	-0.009	0.084
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462	362916.112	8900254.539	1937.267	-0.012	-0.019	-0.195
0+220	362930.587	8900240.752	1937.012	362930.566	8900240.723	1937.162	-0.021	-0.029	0.150
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895	362945.801	8900227.766	1936.985	0.012	0.011	0.090
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776	362961.150	8900214.944	1936.921	0.024	0.025	0.145
0+280	362976.510	8900202.139	1936.582	362976.527	8900202.154	1936.624	0.017	0.015	0.042
0+300	362992.201	8900189.751	1936.380	362992.193	8900189.725	1936.380	-0.008	-0.026	0.000
0+320	363009.548	8900179.815	1936.223	363009.535	8900179.776	1936.346	-0.013	-0.039	0.123

0+340	363027.081	8900170.193	1936.089	363027.080	8900170.175	1936.121	-0.001	-0.018	0.032
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925	363044.573	8900160.481	1936.091	0.015	0.010	0.166
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898	363062.039	8900150.738	1936.073	-0.010	-0.033	0.175
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929	363079.506	8900140.996	1936.043	-0.040	-0.087	0.114
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124	363096.932	8900131.181	1936.183	-0.050	-0.105	0.059
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356	363113.766	8900120.404	1936.491	0.000	-0.031	0.135
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691	363129.399	8900107.934	1936.756	-0.015	-0.063	0.065
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998	363143.361	8900093.647	1937.169	0.026	-0.012	0.171
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326	363155.810	8900077.998	1937.398	0.052	0.005	0.072
0+520	363166.791	8900061.320	1937.680	363166.865	8900061.336	1937.780	0.074	0.016	0.100
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990	363177.014	8900044.103	1938.045	0.013	-0.020	0.055
0+560	363186.686	8900026.625	1938.261	363186.708	8900026.609	1938.386	0.022	-0.016	0.125
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415	363194.714	8900008.306	1938.527	0.033	-0.020	0.112
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514	363201.445	8899989.475	1938.582	0.083	-0.003	0.068
0+620	363210.630	8899971.844	1938.582	363210.688	8899971.830	1938.673	0.058	-0.014	0.091
0+640	363223.810	8899956.812	1938.639	363223.836	8899956.773	1938.745	0.026	-0.039	0.106
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986	363228.502	8899937.841	1939.123	-0.011	-0.020	0.137
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539	363225.491	8899918.139	1939.649	0.038	-0.020	0.110
0+700	363217.340	8899899.941	1939.927	363217.303	8899899.960	1939.970	-0.037	0.019	0.043
0+720	363203.606	8899885.560	1940.317	363203.549	8899885.595	1940.211	-0.057	0.035	-0.106
0+740	363188.123	8899872.907	1940.864	363188.092	8899872.912	1940.944	-0.031	0.005	0.080
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069	363172.156	8899860.828	1941.138	0.042	-0.091	0.069
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682	363156.111	8899848.900	1941.138	0.064	-0.116	-0.544
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868	363140.219	8899836.760	1942.002	0.004	-0.039	0.134
0+820	363124.227	8899824.783	1942.262	363124.210	8899824.772	1942.375	-0.017	-0.011	0.113
0+840	363108.250	8899812.753	1942.658	363108.214	8899812.767	1942.712	-0.036	0.014	0.054

0+860	363092.224	8899800.788	1943.058	363092.132	8899800.878	1943.083	-0.092	0.090	0.025
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470	363075.354	8899790.038	1943.518	-0.038	0.014	0.048
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878	363056.644	8899783.066	1943.908	-0.052	0.068	0.030
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252	363036.939	8899779.884	1944.292	-0.050	0.049	0.040
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593	363016.990	8899780.766	1944.621	-0.045	0.097	0.028
0+960	362997.655	8899785.500	1944.843	362997.619	8899785.604	1944.912	-0.036	0.104	0.069
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989	362979.349	8899793.690	1945.011	-0.034	0.095	0.022
0+1000	362962.983	8899804.920	1944.885	362962.962	8899805.024	1944.909	-0.021	0.104	0.024
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832	362950.034	8899820.251	1944.778	-0.044	0.078	-0.054
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511	362940.565	8899837.834	1944.455	-0.037	0.087	-0.056
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267	362932.770	8899856.248	1944.255	0.011	0.106	-0.012
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035	362925.145	8899874.738	1943.954	-0.027	0.091	-0.081
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792	362917.547	8899893.238	1943.714	-0.019	0.093	-0.078
0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583	362909.931	8899911.731	1943.442	-0.035	0.087	-0.141
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640	362902.319	8899930.226	1943.313	-0.056	0.078	-0.327
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227	362894.713	8899948.723	1943.097	-0.059	0.077	-0.130
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132	362891.745	8899955.945	1943.054	-0.014	0.011	-0.078
PROMEDIO ERROR							-0.004	0.010	0.030

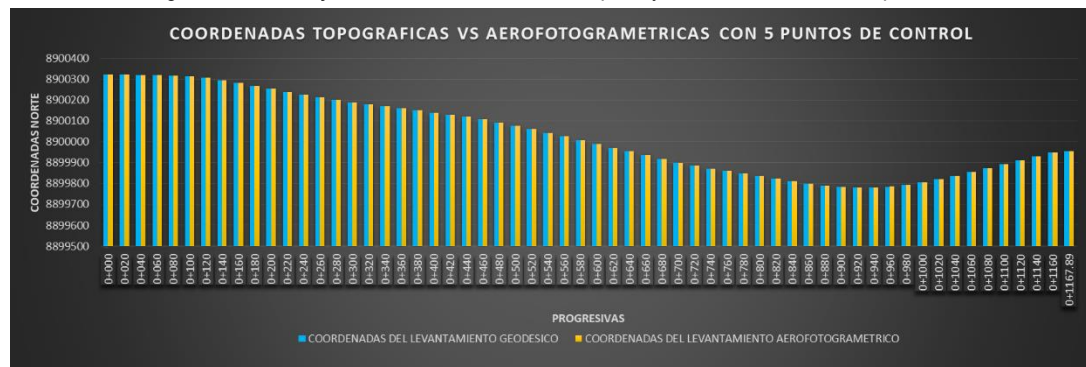
FUENTE: Elaboración propia

Figura 57: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control



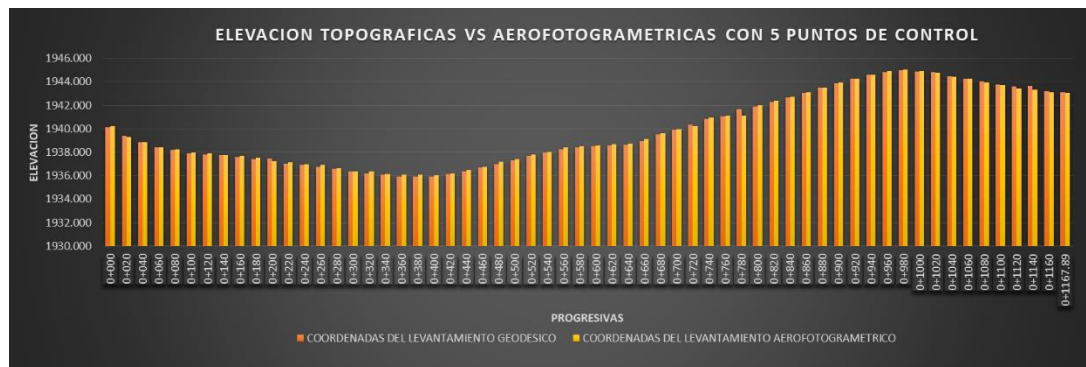
FUENTE: Elaboración propia

Figura 58: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 59: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

3.6.2. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.0 Y 06 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 26: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control

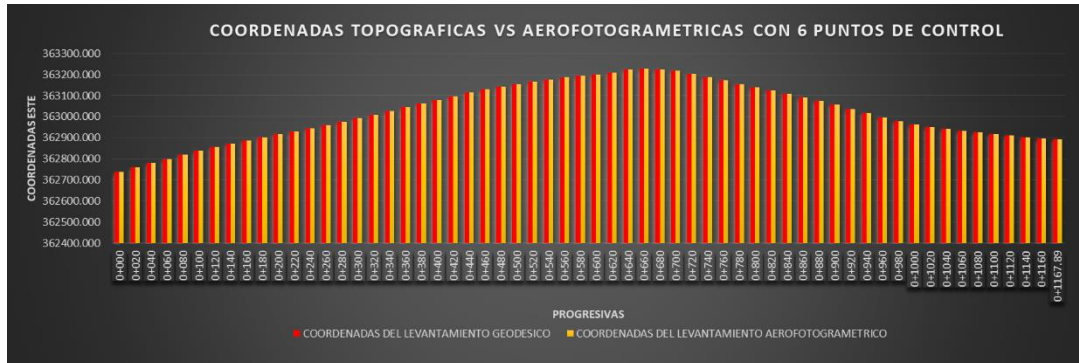
PROGRESIVA	COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO			RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO			ERROR DE PROYECCION		
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115	362739.020	8900324.309	1940.234	0.000	0.003	0.119
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425	362758.953	8900322.673	1939.319	0.001	0.02	-0.106
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838	362778.879	8900320.964	1938.845	-0.003	-0.027	0.007
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389	362798.808	8900319.289	1938.412	-0.003	-0.017	0.023
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202	362818.736	8900317.595	1938.249	-0.005	-0.039	0.047
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926	362838.598	8900315.312	1937.966	-0.005	-0.048	0.040
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816	362857.314	8900308.673	1937.849	-0.024	-0.065	0.033
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723	362872.848	8900296.094	1937.688	0.207	0.209	-0.035
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580	362887.527	8900282.516	1937.697	0.062	0.057	0.117
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439	362901.835	8900268.541	1937.505	0.011	0.001	0.066
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462	362916.108	8900254.531	1937.281	-0.016	-0.027	-0.181
0+220	362930.587	8900240.752	1937.012	362930.698	8900240.855	1937.180	0.111	0.103	0.168
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895	362945.774	8900227.719	1937.003	-0.015	-0.036	0.108
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776	362961.145	8900214.923	1936.844	0.019	0.004	0.068
0+280	362976.510	8900202.139	1936.582	362976.557	8900202.178	1936.625	0.047	0.039	0.043
0+300	362992.201	8900189.751	1936.380	362992.288	8900189.849	1936.380	0.087	0.098	0.000
0+320	363009.548	8900179.815	1936.223	363009.562	8900179.799	1936.281	0.014	-0.016	0.058

0+340	363027.081	8900170.193	1936.089	363027.112	8900170.208	1936.110	0.031	0.015	0.021
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925	363044.602	8900160.507	1936.100	0.044	0.036	0.175
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898	363062.066	8900150.760	1936.065	0.017	-0.011	0.167
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929	363079.545	8900141.040	1936.006	-0.001	-0.043	0.077
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124	363096.983	8900131.247	1936.123	0.001	-0.039	-0.001
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356	363113.762	8900120.384	1936.536	-0.004	-0.051	0.180
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691	363129.427	8900107.975	1936.723	0.013	-0.022	0.032
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998	363143.378	8900093.664	1937.089	0.043	0.005	0.091
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326	363155.806	8900077.999	1937.374	0.048	0.006	0.048
0+520	363166.791	8900061.320	1937.680	363166.847	8900061.326	1937.762	0.056	0.006	0.082
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990	363176.972	8900044.082	1938.012	-0.029	-0.041	0.022
0+560	363186.686	8900026.625	1938.261	363186.720	8900026.619	1938.339	0.034	-0.006	0.078
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415	363194.698	8900008.305	1938.502	0.017	-0.021	0.087
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514	363201.392	8899989.460	1938.562	0.030	-0.018	0.048
0+620	363210.630	8899971.844	1938.582	363210.710	8899971.850	1938.642	0.080	0.006	0.060
0+640	363223.810	8899956.812	1938.639	363223.825	8899956.769	1938.768	0.015	-0.043	0.129
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986	363228.523	8899937.820	1939.091	0.010	-0.041	0.105
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539	363225.439	8899918.118	1939.618	-0.014	-0.041	0.079
0+700	363217.340	8899899.941	1939.927	363217.296	8899899.911	1939.952	-0.044	-0.030	0.025
0+720	363203.606	8899885.560	1940.317	363203.443	8899885.681	1940.310	-0.163	0.121	-0.007
0+740	363188.123	8899872.907	1940.864	363188.108	8899872.847	1940.958	-0.015	-0.060	0.094
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069	363172.119	8899860.833	1941.096	0.005	-0.086	0.027
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682	363156.147	8899848.796	1941.805	0.100	-0.220	0.123
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868	363140.159	8899836.780	1941.919	-0.056	-0.019	0.051
0+820	363124.227	8899824.783	1942.262	363124.176	8899824.758	1942.387	-0.051	-0.025	0.125
0+840	363108.250	8899812.753	1942.658	363108.169	8899812.767	1942.746	-0.081	0.014	0.088

0+860	363092.224	8899800.788	1943.058	363092.151	8899800.790	1943.152	-0.073	0.002	0.094
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470	363075.294	8899790.079	1943.559	-0.098	0.055	0.089
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878	363056.609	8899783.059	1943.951	-0.087	0.061	0.073
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252	363036.912	8899779.851	1944.306	-0.077	0.016	0.054
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593	363016.962	8899780.727	1944.684	-0.073	0.058	0.091
0+960	362997.655	8899785.500	1944.843	362997.608	8899785.635	1944.904	-0.047	0.135	0.061
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989	362979.336	8899793.716	1945.021	-0.047	0.121	0.032
0+1000	362962.983	8899804.920	1944.885	362962.921	8899805.010	1944.926	-0.062	0.090	0.041
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832	362950.022	8899820.259	1944.787	-0.056	0.086	-0.045
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511	362940.526	8899837.822	1944.464	-0.076	0.075	-0.047
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267	362932.762	8899856.251	1944.247	0.003	0.109	-0.020
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035	362925.146	8899874.744	1943.944	-0.026	0.097	-0.091
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792	362917.551	8899893.246	1943.725	-0.015	0.101	-0.067
0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583	362909.949	8899911.745	1943.445	-0.017	0.101	-0.138
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640	362902.344	8899930.243	1943.337	-0.031	0.095	-0.303
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227	362894.731	8899948.737	1943.074	-0.041	0.091	-0.153
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132	362891.794	8899955.950	1943.072	0.035	0.016	-0.060
PROMEDIO ERROR							-0.004	0.016	0.037

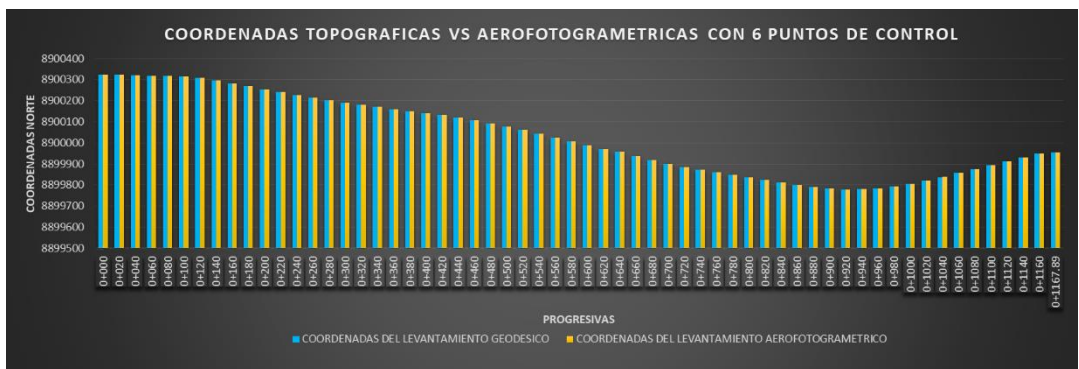
FUENTE: Elaboración propia

Figura 60: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 61: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 62: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

3.6.3. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.0 Y 07 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 27: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control

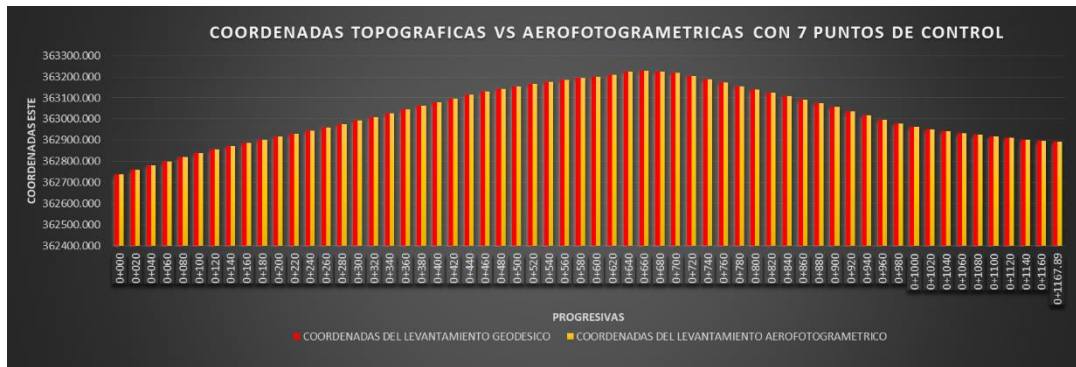
PROGRESIVA	COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO			RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO			ERROR DE PROYECCION		
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115	362739.016	8900324.329	1940.788	-0.004	0.023	0.673
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425	362758.948	8900322.673	1939.386	-0.004	0.02	-0.039
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838	362778.877	8900320.986	1938.842	-0.005	-0.005	0.004
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389	362798.804	8900319.279	1938.397	-0.007	-0.027	0.008
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202	362818.732	8900317.595	1938.237	-0.009	-0.039	0.035
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926	362838.601	8900315.362	1937.976	-0.002	0.002	0.050
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816	362857.325	8900308.708	1937.846	-0.013	-0.03	0.030
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723	362872.835	8900296.096	1937.792	0.194	0.211	0.069
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580	362887.523	8900282.527	1937.708	0.058	0.068	0.128
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439	362901.825	8900268.547	1937.494	0.001	0.007	0.055
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462	362916.103	8900254.542	1937.277	-0.021	-0.016	-0.185
0+220	362930.587	8900240.752	1937.012	362930.588	8900240.759	1937.153	0.001	0.007	0.141
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895	362945.795	8900227.771	1936.974	0.006	0.016	0.079
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776	362961.142	8900214.947	1936.839	0.016	0.028	0.063
0+280	362976.510	8900202.139	1936.582	362976.539	8900202.183	1936.601	0.029	0.044	0.019
0+300	362992.201	8900189.751	1936.380	362992.210	8900189.775	1936.367	0.009	0.024	-0.013
0+320	363009.548	8900179.815	1936.223	363009.514	8900179.764	1936.273	-0.034	-0.051	0.050

0+340	363027.081	8900170.193	1936.089	363027.100	8900170.238	1936.105	0.019	0.045	0.016
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925	363044.571	8900160.505	1936.114	0.013	0.034	0.189
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898	363062.030	8900150.749	1936.047	-0.019	-0.022	0.149
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929	363079.497	8900141.007	1936.028	-0.049	-0.076	0.099
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124	363096.980	8900131.293	1936.165	-0.002	0.007	0.041
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356	363113.768	8900120.443	1936.485	0.002	0.008	0.129
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691	363129.422	8900108.013	1936.755	0.008	0.016	0.064
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998	363143.344	8900093.676	1937.155	0.009	0.017	0.157
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326	363155.795	8900078.029	1937.383	0.037	0.036	0.057
0+520	363166.791	8900061.320	1937.680	363166.867	8900061.377	1937.778	0.076	0.057	0.098
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990	363177.010	8900044.142	1938.044	0.009	0.019	0.054
0+560	363186.686	8900026.625	1938.261	363186.680	8900026.635	1938.373	-0.006	0.010	0.112
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415	363194.714	8900008.350	1938.535	0.033	0.024	0.120
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514	363201.363	8899989.489	1938.560	0.001	0.011	0.046
0+620	363210.630	8899971.844	1938.582	363210.645	8899971.857	1938.681	0.015	0.013	0.099
0+640	363223.810	8899956.812	1938.639	363223.805	8899956.806	1938.782	-0.005	-0.006	0.143
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986	363228.536	8899937.865	1939.120	0.023	0.004	0.134
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539	363225.382	8899918.186	1939.615	-0.071	0.027	0.076
0+700	363217.340	8899899.941	1939.927	363217.316	8899899.960	1939.969	-0.024	0.019	0.042
0+720	363203.606	8899885.560	1940.317	363203.593	8899885.570	1940.335	-0.013	0.010	0.018
0+740	363188.123	8899872.907	1940.864	363188.123	8899872.897	1940.935	0.000	-0.010	0.071
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069	363172.146	8899860.867	1941.120	0.032	-0.052	0.051
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682	363156.174	8899848.832	1941.824	0.127	-0.184	0.142
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868	363140.205	8899836.790	1942.040	-0.010	-0.009	0.172
0+820	363124.227	8899824.783	1942.262	363124.235	8899824.750	1942.393	0.008	-0.033	0.131
0+840	363108.250	8899812.753	1942.658	363108.214	8899812.779	1942.728	-0.036	0.026	0.070

0+860	363092.224	8899800.788	1943.058	363092.159	8899800.853	1943.108	-0.065	0.065	0.050
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470	363075.348	8899790.059	1943.529	-0.044	0.035	0.059
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878	363056.662	8899783.022	1943.928	-0.034	0.024	0.050
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252	363036.952	8899779.883	1944.271	-0.037	0.048	0.019
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593	363017.014	8899780.808	1944.676	-0.021	0.139	0.083
0+960	362997.655	8899785.500	1944.843	362997.644	8899785.636	1944.892	-0.011	0.136	0.049
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989	362979.359	8899793.687	1945.002	-0.024	0.092	0.013
0+1000	362962.983	8899804.920	1944.885	362962.969	8899805.015	1944.907	-0.014	0.095	0.022
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832	362950.048	8899820.249	1944.782	-0.030	0.076	-0.050
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511	362940.552	8899837.819	1944.460	-0.050	0.072	-0.051
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267	362932.760	8899856.238	1944.234	0.001	0.096	-0.033
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035	362925.124	8899874.722	1943.941	-0.048	0.075	-0.094
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792	362917.554	8899893.235	1943.728	-0.012	0.090	-0.064
0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583	362909.929	8899911.724	1943.484	-0.037	0.080	-0.099
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640	362902.333	8899930.226	1943.298	-0.042	0.078	-0.342
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227	362894.744	8899948.730	1943.094	-0.028	0.084	-0.133
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132	362891.780	8899955.949	1943.062	0.021	0.015	-0.070
PROMEDIO ERROR							-0.001	0.026	0.051

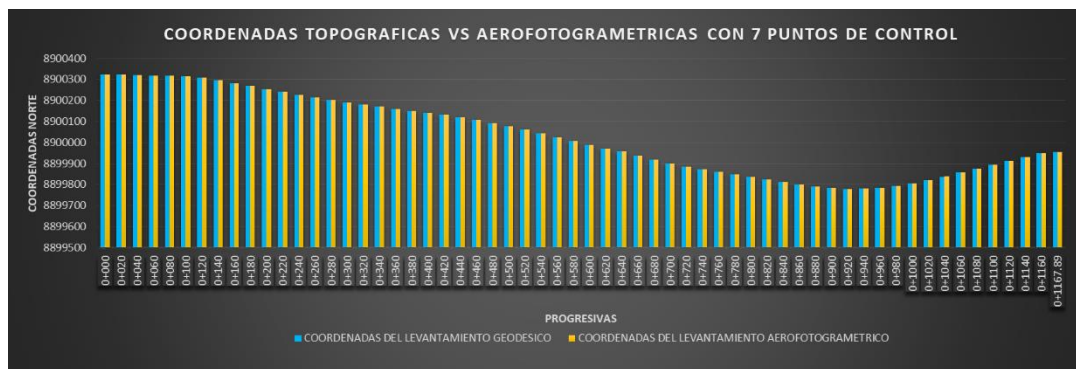
FUENTE: Elaboración propia

Figura 63: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control



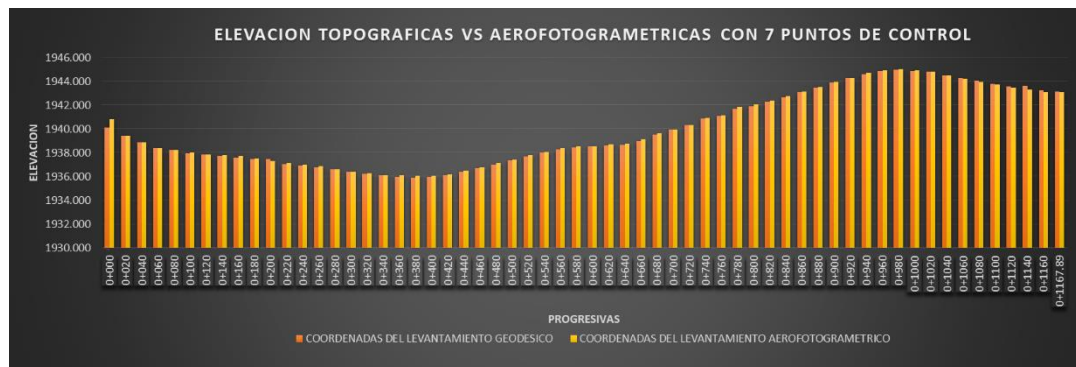
FUENTE: Elaboración propia

Figura 64: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 65: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

3.6.4. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.0 Y 08 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 28: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control

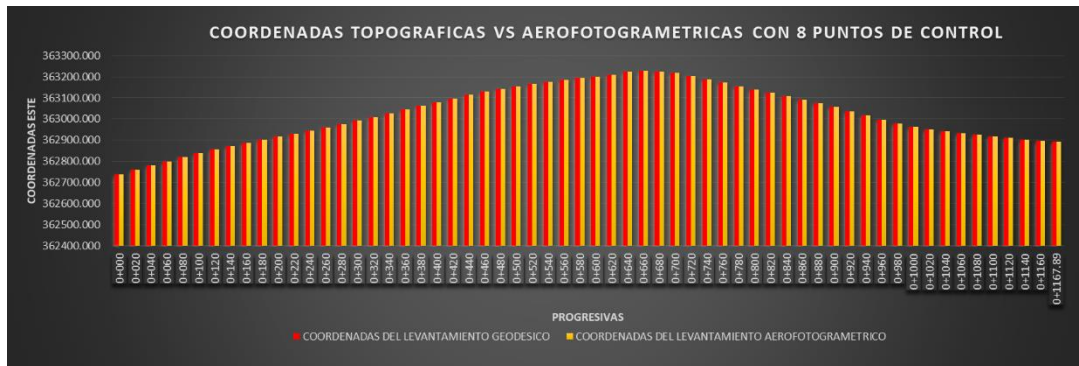
PROGRESIVA	COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO			RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO			ERROR DE PROYECCION		
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115	362739.022	8900324.308	1940.326	0.002	0.002	0.211
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425	362758.954	8900322.666	1939.401	0.002	0.013	-0.024
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838	362778.882	8900320.968	1938.843	0.000	-0.023	0.005
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389	362798.809	8900319.262	1938.441	-0.002	-0.044	0.052
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202	362818.737	8900317.564	1938.198	-0.004	-0.07	-0.004
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926	362838.600	8900315.339	1937.962	-0.003	-0.021	0.036
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816	362857.309	8900308.672	1937.832	-0.029	-0.066	0.016
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723	362872.843	8900296.090	1937.616	0.202	0.205	-0.107
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580	362887.552	8900282.541	1937.701	0.087	0.082	0.121
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439	362901.833	8900268.540	1937.481	0.009	0.000	0.042
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462	362916.127	8900254.552	1937.285	0.003	-0.006	-0.177
0+220	362930.587	8900240.752	1937.012	362930.562	8900240.714	1937.146	-0.025	-0.038	0.134
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895	362945.810	8900227.772	1936.966	0.021	0.017	0.071
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776	362961.118	8900214.902	1936.857	-0.008	-0.017	0.081
0+280	362976.510	8900202.139	1936.582	362976.530	8900202.156	1936.586	0.020	0.017	0.004
0+300	362992.201	8900189.751	1936.380	362992.206	8900189.752	1936.359	0.005	0.001	-0.021
0+320	363009.548	8900179.815	1936.223	363009.508	8900179.739	1936.328	-0.040	-0.076	0.105

0+340	363027.081	8900170.193	1936.089	363027.094	8900170.213	1936.093	0.013	0.020	0.004
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925	363044.581	8900160.507	1936.008	0.023	0.036	0.083
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898	363062.042	8900150.755	1936.028	-0.007	-0.016	0.130
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929	363079.508	8900141.012	1936.003	-0.038	-0.071	0.074
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124	363096.963	8900131.249	1936.129	-0.019	-0.037	0.005
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356	363113.769	8900120.435	1936.450	0.003	0.000	0.094
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691	363129.415	8900107.999	1936.722	0.001	0.002	0.031
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998	363143.337	8900093.663	1937.129	0.002	0.004	0.131
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326	363155.773	8900078.005	1937.370	0.015	0.012	0.044
0+520	363166.791	8900061.320	1937.680	363166.885	8900061.380	1937.751	0.094	0.060	0.071
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990	363177.001	8900044.129	1938.016	0.000	0.006	0.026
0+560	363186.686	8900026.625	1938.261	363186.693	8900026.635	1938.333	0.007	0.010	0.072
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415	363194.690	8900008.331	1938.476	0.009	0.005	0.061
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514	363201.345	8899989.473	1938.529	-0.017	-0.005	0.015
0+620	363210.630	8899971.844	1938.582	363210.625	8899971.836	1938.615	-0.005	-0.008	0.033
0+640	363223.810	8899956.812	1938.639	363223.797	8899956.800	1938.708	-0.013	-0.012	0.069
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986	363228.513	8899937.860	1939.073	0.000	-0.001	0.087
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539	363225.464	8899918.162	1939.605	0.011	0.003	0.066
0+700	363217.340	8899899.941	1939.927	363217.311	8899899.964	1939.960	-0.029	0.023	0.033
0+720	363203.606	8899885.560	1940.317	363203.573	8899885.599	1940.313	-0.033	0.039	-0.004
0+740	363188.123	8899872.907	1940.864	363188.108	8899872.923	1940.921	-0.015	0.016	0.057
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069	363172.156	8899860.859	1941.113	0.042	-0.060	0.044
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682	363156.191	8899848.812	1941.806	0.144	-0.204	0.124
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868	363140.216	8899836.779	1942.034	0.001	-0.020	0.166
0+820	363124.227	8899824.783	1942.262	363124.214	8899824.781	1942.372	-0.013	-0.002	0.110
0+840	363108.250	8899812.753	1942.658	363108.219	8899812.775	1942.708	-0.031	0.022	0.050

0+860	363092.224	8899800.788	1943.058	363092.172	8899800.839	1943.148	-0.052	0.051	0.090
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470	363075.357	8899790.054	1943.517	-0.035	0.030	0.047
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878	363056.657	8899783.052	1943.939	-0.039	0.054	0.061
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252	363036.950	8899779.882	1944.284	-0.039	0.047	0.032
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593	363017.002	8899780.739	1944.600	-0.033	0.070	0.007
0+960	362997.655	8899785.500	1944.843	362997.630	8899785.589	1944.911	-0.025	0.089	0.068
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989	362979.337	8899793.635	1945.028	-0.046	0.040	0.039
0+1000	362962.983	8899804.920	1944.885	362962.950	8899804.978	1944.924	-0.033	0.058	0.039
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832	362950.041	8899820.221	1944.790	-0.037	0.048	-0.042
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511	362940.571	8899837.799	1944.471	-0.031	0.052	-0.040
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267	362932.759	8899856.208	1944.241	0.000	0.066	-0.026
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035	362925.158	8899874.707	1943.956	-0.014	0.060	-0.079
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792	362917.572	8899893.212	1943.737	0.006	0.067	-0.055
0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583	362909.937	8899911.698	1943.463	-0.029	0.054	-0.120
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640	362902.346	8899930.201	1943.324	-0.029	0.053	-0.316
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227	362894.736	8899948.696	1943.093	-0.036	0.050	-0.134
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132	362891.783	8899955.958	1943.070	0.024	0.024	-0.062
PROMEDIO ERROR							-0.001	0.012	0.029

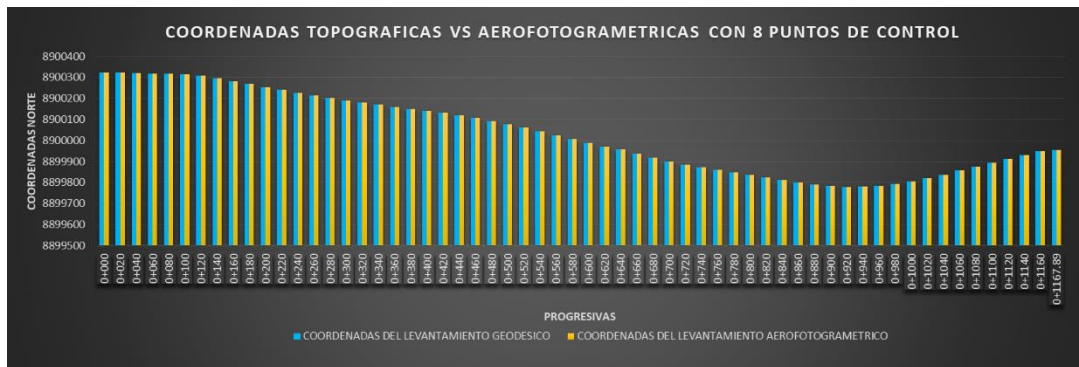
FUENTE: Elaboración propia

Figura 66: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 67: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 68: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

3.6.5. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.0 Y 09 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 29: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control

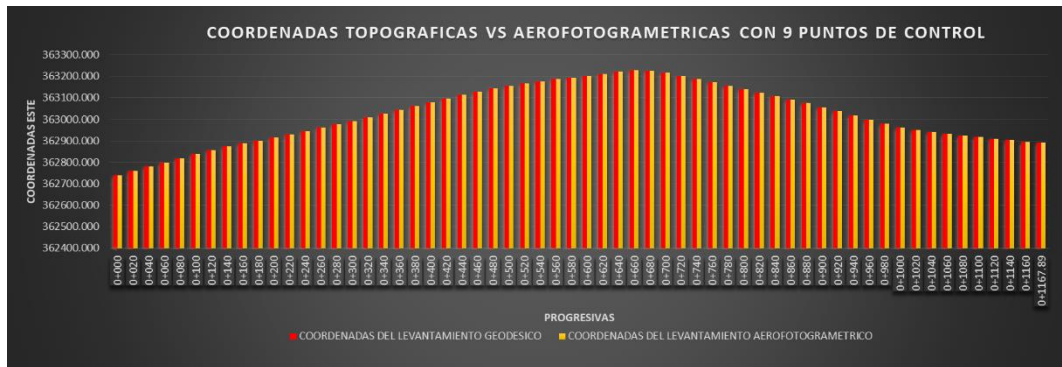
PROGRESIVA	COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO			RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO			ERROR DE PROYECCION		
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115	362739.020	8900324.306	1940.810	0.000	0.000	0.695
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425	362758.953	8900322.680	1939.341	0.001	0.027	-0.084
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838	362778.880	8900320.967	1938.861	-0.002	-0.024	0.023
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389	362798.808	8900319.281	1938.406	-0.003	-0.025	0.017
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202	362818.736	8900317.584	1938.244	-0.005	-0.05	0.042
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926	362838.594	8900315.320	1937.982	-0.009	-0.04	0.056
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816	362857.326	8900308.699	1937.905	-0.012	-0.039	0.089
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723	362872.833	8900296.086	1937.804	0.192	0.201	0.081
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580	362887.540	8900282.540	1937.690	0.075	0.081	0.110
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439	362901.818	8900268.535	1937.494	-0.006	-0.005	0.055
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462	362916.122	8900254.558	1937.269	-0.002	0.000	-0.193
0+220	362930.587	8900240.752	1937.012	362930.539	8900240.702	1937.148	-0.048	-0.05	0.136
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895	362945.762	8900227.732	1936.986	-0.027	-0.023	0.091
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776	362961.128	8900214.929	1936.880	0.002	0.010	0.104
0+280	362976.510	8900202.139	1936.582	362976.522	8900202.162	1936.605	0.012	0.023	0.023
0+300	362992.201	8900189.751	1936.380	362992.207	8900189.769	1936.366	0.006	0.018	-0.014
0+320	363009.548	8900179.815	1936.223	363009.522	8900179.780	1936.332	-0.026	-0.035	0.109

0+340	363027.081	8900170.193	1936.089	363027.091	8900170.223	1936.098	0.010	0.030	0.009
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925	363044.562	8900160.489	1936.077	0.004	0.018	0.152
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898	363062.042	8900150.771	1936.037	-0.007	0.00	0.139
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929	363079.503	8900141.020	1936.002	-0.043	-0.063	0.073
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124	363096.981	8900131.299	1936.125	-0.001	0.013	0.001
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356	363113.778	8900120.461	1936.459	0.012	0.026	0.103
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691	363129.396	8900107.985	1936.720	-0.018	-0.012	0.029
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998	363143.360	8900093.687	1937.087	0.025	0.028	0.089
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326	363155.762	8900078.003	1937.366	0.004	0.010	0.040
0+520	363166.791	8900061.320	1937.680	363166.885	8900061.386	1937.765	0.094	0.066	0.085
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990	363176.962	8900044.114	1938.010	-0.039	-0.009	0.020
0+560	363186.686	8900026.625	1938.261	363186.691	8900026.640	1938.360	0.005	0.015	0.099
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415	363194.695	8900008.341	1938.480	0.014	0.015	0.065
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514	363201.366	8899989.489	1938.549	0.004	0.011	0.035
0+620	363210.630	8899971.844	1938.582	363210.644	8899971.855	1938.646	0.014	0.011	0.064
0+640	363223.810	8899956.812	1938.639	363223.807	8899956.810	1938.707	-0.003	-0.002	0.068
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986	363228.513	8899937.873	1939.095	0.000	0.012	0.109
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539	363225.482	8899918.165	1939.606	0.029	0.006	0.067
0+700	363217.340	8899899.941	1939.927	363217.364	8899899.951	1939.946	0.024	0.010	0.019
0+720	363203.606	8899885.560	1940.317	363203.600	8899885.598	1940.277	-0.006	0.038	-0.040
0+740	363188.123	8899872.907	1940.864	363188.147	8899872.908	1940.932	0.024	0.001	0.068
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069	363172.162	8899860.888	1941.108	0.048	-0.031	0.039
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682	363156.186	8899848.857	1941.759	0.139	-0.159	0.077
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868	363140.227	8899836.802	1942.010	0.012	0.003	0.142
0+820	363124.227	8899824.783	1942.262	363124.215	8899824.818	1942.369	-0.012	0.035	0.107
0+840	363108.250	8899812.753	1942.658	363108.236	8899812.791	1942.701	-0.014	0.038	0.043

0+860	363092.224	8899800.788	1943.058	363092.197	8899800.843	1943.086	-0.027	0.055	0.028
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470	363075.383	8899790.061	1943.507	-0.009	0.037	0.037
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878	363056.697	8899783.023	1943.916	0.001	0.025	0.038
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252	363036.991	8899779.843	1944.283	0.002	0.008	0.031
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593	363017.043	8899780.725	1944.595	0.008	0.056	0.002
0+960	362997.655	8899785.500	1944.843	362997.667	8899785.549	1944.873	0.012	0.049	0.030
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989	362979.384	8899793.619	1945.001	0.001	0.024	0.012
0+1000	362962.983	8899804.920	1944.885	362962.983	8899804.943	1944.914	0.000	0.023	0.029
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832	362950.071	8899820.186	1944.785	-0.007	0.013	-0.047
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511	362940.595	8899837.762	1944.462	-0.007	0.015	-0.049
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267	362932.772	8899856.166	1944.226	0.013	0.024	-0.041
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035	362925.161	8899874.662	1943.946	-0.011	0.015	-0.089
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792	362917.574	8899893.166	1943.743	0.008	0.021	-0.049
0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583	362909.965	8899911.662	1943.460	-0.001	0.018	-0.123
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640	362902.378	8899930.167	1943.329	0.003	0.019	-0.311
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227	362894.758	8899948.659	1943.106	-0.014	0.013	-0.121
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132	362891.766	8899955.942	1943.080	0.007	0.008	-0.052
PROMEDIO ERROR							0.007	0.010	0.039

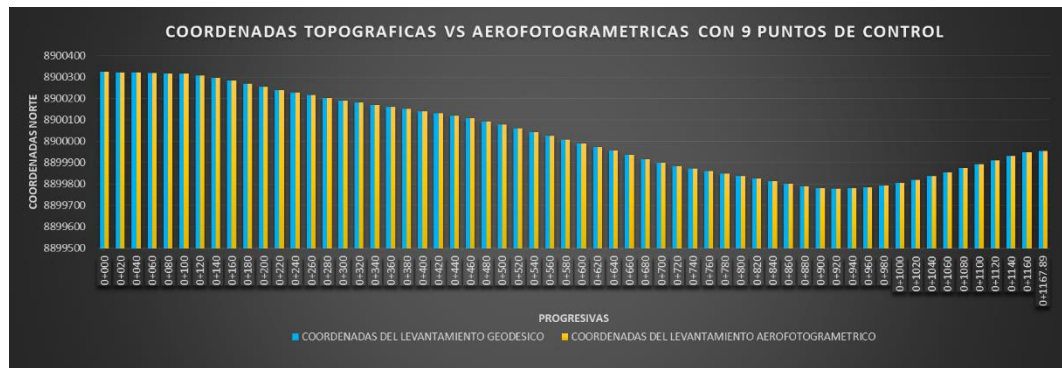
FUENTE: Elaboración propia

Figura 69: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 70: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 71: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.0 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

3.7. COMPARACION ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICO CON RESOLUCION ESPACIAL

GSD 3.5

3.7.1. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.5 Y 05 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 30: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control

PROGRESIVA	COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO			RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO			ERROR DE PROYECCION		
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115	362739.024	8900324.309	1940.110	0.004	0.003	-0.005
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425	362758.957	8900322.685	1939.379	0.005	0.032	-0.046
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838	362778.884	8900320.980	1938.829	0.002	-0.011	-0.009
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389	362798.811	8900319.273	1938.372	0.000	-0.033	-0.017
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202	362818.740	8900317.583	1938.154	-0.001	-0.051	-0.048
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926	362838.605	8900315.374	1937.917	0.002	0.014	-0.009
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816	362857.319	8900308.732	1937.812	-0.019	-0.006	-0.004
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723	362872.842	8900296.114	1937.719	0.201	0.229	-0.004
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580	362887.523	8900282.567	1937.634	0.058	0.108	0.054
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439	362901.820	8900268.535	1937.482	-0.004	-0.005	0.043
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462	362916.084	8900254.564	1937.268	-0.040	0.006	-0.194

0+220	362930.587	8900240.752	1937.012	362930.548	8900240.753	1937.140	-0.039	0.001	0.128
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895	362945.788	8900227.771	1936.999	-0.001	0.016	0.104
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776	362961.136	8900214.953	1936.789	0.010	0.034	0.013
0+280	362976.510	8900202.139	1936.582	362976.490	8900202.150	1936.583	-0.020	0.011	0.001
0+300	362992.201	8900189.751	1936.380	362992.196	8900189.780	1936.341	-0.005	0.029	-0.039
0+320	363009.548	8900179.815	1936.223	363009.495	8900179.762	1936.258	-0.053	-0.053	0.035
0+340	363027.081	8900170.193	1936.089	363027.073	8900170.224	1936.140	-0.008	0.031	0.051
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925	363044.553	8900160.479	1935.987	-0.005	0.008	0.062
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898	363062.025	8900150.774	1935.956	-0.024	0.003	0.058
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929	363079.491	8900141.034	1935.946	-0.055	-0.049	0.017
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124	363096.965	8900131.275	1936.145	-0.017	-0.011	0.021
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356	363113.768	8900120.469	1936.398	0.002	0.034	0.042
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691	363129.433	8900108.019	1936.699	0.019	0.022	0.008
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998	363143.372	8900093.701	1937.026	0.037	0.042	0.028
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326	363155.764	8900078.046	1937.328	0.006	0.053	0.002
0+520	363166.791	8900061.320	1937.680	363166.887	8900061.413	1937.720	0.096	0.093	0.040
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990	363176.988	8900044.142	1938.036	-0.013	0.019	0.046
0+560	363186.686	8900026.625	1938.261	363186.681	8900026.668	1938.316	-0.005	0.043	0.055
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415	363194.681	8900008.371	1938.440	0.000	0.045	0.025
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514	363201.350	8899989.508	1938.529	-0.012	0.030	0.015
0+620	363210.630	8899971.844	1938.582	363210.637	8899971.878	1938.618	0.007	0.034	0.036
0+640	363223.810	8899956.812	1938.639	363223.824	8899956.846	1938.674	0.014	0.034	0.035
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986	363228.515	8899937.893	1939.010	0.002	0.032	0.024
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539	363225.456	8899918.196	1939.571	0.003	0.037	0.032
0+700	363217.340	8899899.941	1939.927	363217.339	8899899.965	1939.914	-0.001	0.024	-0.013
0+720	363203.606	8899885.560	1940.317	363203.600	8899885.599	1940.304	-0.006	0.039	-0.013

0+740	363188.123	8899872.907	1940.864	363188.129	8899872.937	1940.851	0.006	0.030	-0.013
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069	363172.139	8899860.918	1941.034	0.025	-0.001	-0.035
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682	363156.176	8899848.875	1941.684	0.129	-0.141	0.002
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868	363140.224	8899836.832	1941.824	0.009	0.033	-0.044
0+820	363124.227	8899824.783	1942.262	363124.227	8899824.806	1942.257	0.000	0.023	-0.005
0+840	363108.250	8899812.753	1942.658	363108.250	8899812.769	1942.568	0.000	0.016	-0.090
0+860	363092.224	8899800.788	1943.058	363092.202	8899800.830	1943.016	-0.022	0.042	-0.042
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470	363075.399	8899790.072	1943.400	0.007	0.048	-0.070
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878	363056.698	8899783.041	1943.808	0.002	0.043	-0.070
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252	363036.990	8899779.839	1944.189	0.001	0.004	-0.063
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593	363017.037	8899780.676	1944.533	0.002	0.007	-0.060
0+960	362997.655	8899785.500	1944.843	362997.677	8899785.539	1944.779	0.022	0.039	-0.064
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989	362979.381	8899793.603	1944.946	-0.002	0.008	-0.043
0+1000	362962.983	8899804.920	1944.885	362962.997	8899804.930	1944.884	0.014	0.010	-0.001
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832	362950.102	8899820.169	1944.729	0.024	-0.004	-0.103
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511	362940.583	8899837.722	1944.425	-0.019	-0.025	-0.086
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267	362932.804	8899856.137	1944.192	0.045	-0.005	-0.075
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035	362925.194	8899874.642	1943.891	0.022	-0.005	-0.144
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792	362917.564	8899893.140	1943.683	-0.002	-0.005	-0.109
0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583	362909.971	8899911.636	1943.436	0.005	-0.008	-0.147
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640	362902.384	8899930.142	1943.292	0.009	-0.006	-0.348
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227	362894.785	8899948.647	1943.079	0.013	0.001	-0.148
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132	362891.788	8899955.928	1943.059	0.029	-0.006	-0.073
PROMEDIO ERROR							0.008	0.016	-0.021

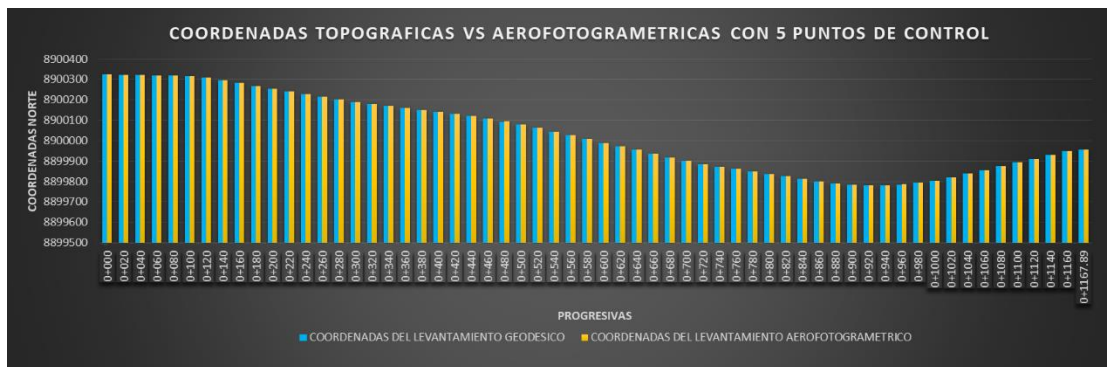
FUENTE: Elaboración propia

Figura 72: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control



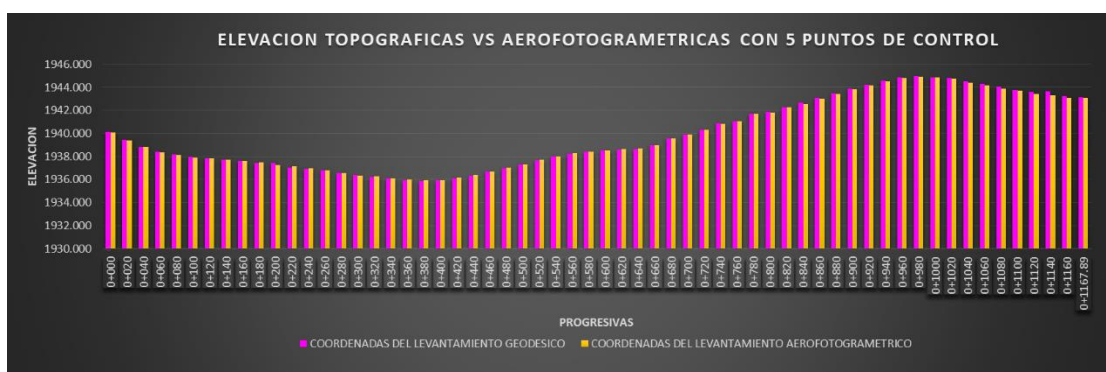
FUENTE: Elaboración propia

Figura 73: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 74: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

3.7.2. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.5 Y 06 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 31: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control

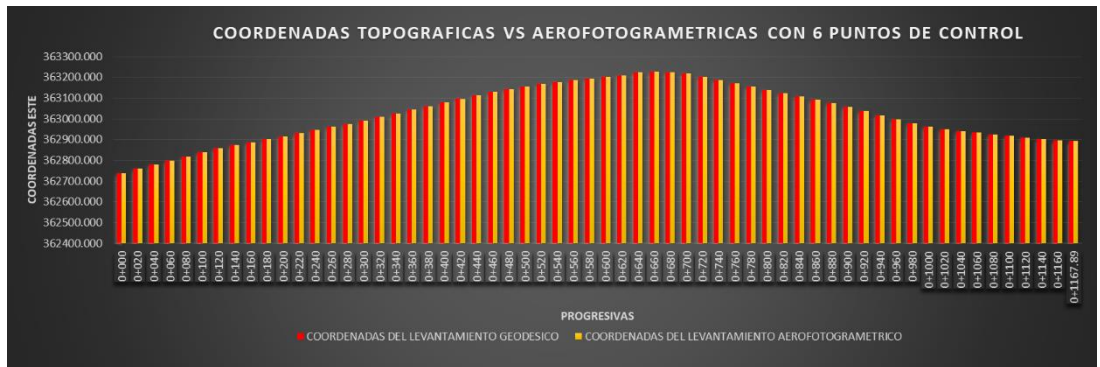
PROGRESIVA	COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO			RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO			ERROR DE PROYECCION		
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115	362739.021	8900324.307	1940.889	0.001	0.001	0.774
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425	362758.954	8900322.682	1939.421	0.002	0.029	-0.004
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838	362778.881	8900320.974	1938.882	-0.001	-0.017	0.044
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389	362798.808	8900319.266	1938.458	-0.003	-0.040	0.069
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202	362818.739	8900317.602	1938.140	-0.002	-0.032	-0.062
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926	362838.602	8900315.352	1937.926	-0.001	-0.008	0.000
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816	362857.309	8900308.697	1937.825	-0.029	-0.041	0.009
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723	362872.83	8900296.103	1937.760	0.189	0.218	0.037
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580	362887.515	8900282.530	1937.649	0.050	0.071	0.069
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439	362901.816	8900268.548	1937.448	-0.008	0.008	0.009
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462	362916.086	8900254.536	1937.287	-0.038	-0.022	-0.175
0+220	362930.587	8900240.752	1937.012	362930.531	8900240.708	1937.070	-0.056	-0.044	0.058
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895	362945.776	8900227.764	1936.966	-0.013	0.009	0.071
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776	362961.130	8900214.948	1936.778	0.004	0.029	0.002
0+280	362976.510	8900202.139	1936.582	362976.482	8900202.131	1936.618	-0.028	-0.008	0.036
0+300	362992.201	8900189.751	1936.380	362992.196	8900189.775	1936.384	-0.005	0.024	0.004

0+320	363009.548	8900179.815	1936.223	363009.497	8900179.759	1936.265	-0.051	-0.056	0.042
0+340	363027.081	8900170.193	1936.089	363027.071	8900170.213	1936.101	-0.010	0.020	0.012
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925	363044.552	8900160.496	1936.046	-0.006	0.025	0.121
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898	363062.006	8900150.733	1936.043	-0.043	-0.038	0.145
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929	363079.501	8900141.042	1935.998	-0.045	-0.041	0.069
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124	363096.959	8900131.284	1936.195	-0.023	-0.002	0.071
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356	363113.772	8900120.471	1936.429	0.006	0.036	0.073
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691	363129.432	8900108.046	1936.727	0.018	0.049	0.036
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998	363143.347	8900093.703	1937.067	0.012	0.044	0.069
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326	363155.769	8900078.033	1937.352	0.011	0.040	0.026
0+520	363166.791	8900061.320	1937.680	363166.890	8900061.414	1937.691	0.099	0.094	0.011
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990	363176.985	8900044.151	1938.038	-0.016	0.028	0.048
0+560	363186.686	8900026.625	1938.261	363186.661	8900026.648	1938.311	-0.025	0.023	0.050
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415	363194.659	8900008.347	1938.462	-0.022	0.021	0.047
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514	363201.373	8899989.510	1938.584	0.011	0.032	0.070
0+620	363210.630	8899971.844	1938.582	363210.618	8899971.858	1938.649	-0.012	0.014	0.067
0+640	363223.810	8899956.812	1938.639	363223.795	8899956.827	1938.688	-0.015	0.015	0.049
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986	363228.531	8899937.891	1939.078	0.018	0.030	0.092
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539	363225.465	8899918.190	1939.572	0.012	0.031	0.033
0+700	363217.340	8899899.941	1939.927	363217.353	8899899.969	1939.993	0.013	0.028	0.066
0+720	363203.606	8899885.560	1940.317	363203.600	8899885.612	1940.317	-0.006	0.052	0.000
0+740	363188.123	8899872.907	1940.864	363188.143	8899872.927	1940.893	0.020	0.020	0.029
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069	363172.151	8899860.917	1941.051	0.037	-0.002	-0.018
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682	363156.202	8899848.849	1941.694	0.155	-0.167	0.012
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868	363140.224	8899836.821	1941.788	0.009	0.022	-0.080
0+820	363124.227	8899824.783	1942.262	363124.247	8899824.789	1942.213	0.020	0.006	-0.049

0+840	363108.250	8899812.753	1942.658	363108.259	8899812.774	1942.549	0.009	0.021	-0.109
0+860	363092.224	8899800.788	1943.058	363092.224	8899800.821	1942.950	0.000	0.033	-0.108
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470	363075.416	8899790.026	1943.369	0.024	0.002	-0.101
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878	363056.718	8899783.020	1943.802	0.022	0.022	-0.076
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252	363037.012	8899779.833	1944.163	0.023	-0.002	-0.089
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593	363017.061	8899780.689	1944.608	0.026	0.020	0.015
0+960	362997.655	8899785.500	1944.843	362997.685	8899785.513	1944.828	0.030	0.013	-0.015
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989	362979.384	8899793.545	1944.960	0.001	-0.050	-0.029
0+1000	362962.983	8899804.920	1944.885	362963.018	8899804.915	1944.881	0.035	-0.005	-0.004
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832	362950.119	8899820.165	1944.728	0.041	-0.008	-0.104
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511	362940.633	8899837.732	1944.473	0.031	-0.015	-0.038
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267	362932.817	8899856.139	1944.186	0.058	-0.003	-0.081
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035	362925.182	8899874.624	1943.883	0.010	-0.023	-0.152
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792	362917.596	8899893.130	1943.695	0.030	-0.015	-0.097
0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583	362909.989	8899911.626	1943.434	0.023	-0.018	-0.149
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640	362902.38	8899930.122	1943.314	0.005	-0.026	-0.326
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227	362894.788	8899948.625	1943.081	0.016	-0.021	-0.146
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132	362891.771	8899955.934	1943.074	0.012	0.000	-0.058
PROMEDIO ERROR							0.010	0.007	0.006

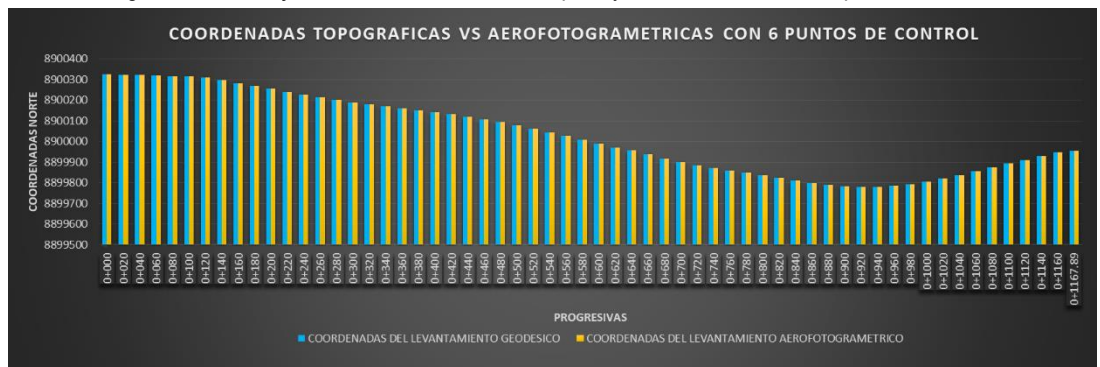
FUENTE: Elaboración propia

Figura 75: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control



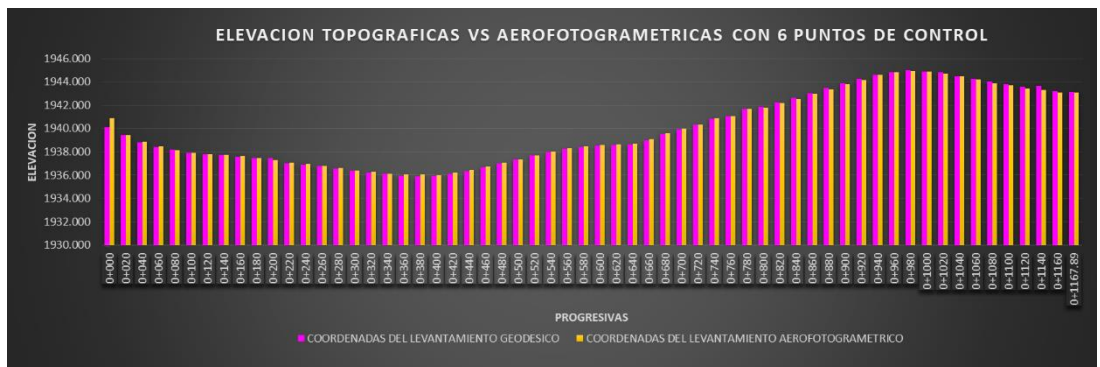
FUENTE: Elaboración propia

Figura 76: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 77: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

3.7.3. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.5 Y 07 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 32: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control

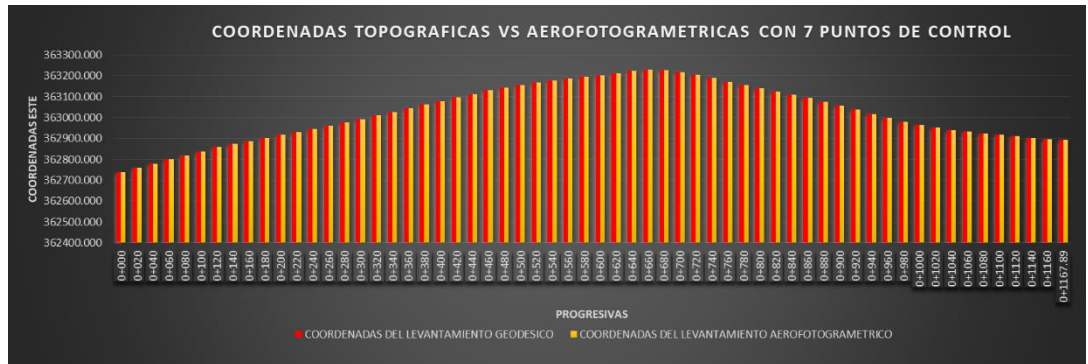
PROGRESIVA	COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO			RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO			ERROR DE PROYECCION		
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115	362739.020	8900324.308	1940.992	0.000	0.002	0.877
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425	362758.910	8900322.676	1939.432	-0.042	0.023	0.007
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838	362778.879	8900320.957	1938.889	-0.003	-0.034	0.051
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389	362798.805	8900319.237	1938.411	-0.006	-0.069	0.022
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202	362818.738	8900317.603	1938.144	-0.003	-0.031	-0.058
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926	362838.603	8900315.349	1937.908	0.000	-0.011	-0.018
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816	362857.308	8900308.686	1937.809	-0.030	-0.052	-0.007
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723	362872.832	8900296.092	1937.788	0.191	0.207	0.065
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580	362887.519	8900282.523	1937.647	0.054	0.064	0.067
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439	362901.820	8900268.541	1937.474	-0.004	0.001	0.035
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462	362916.079	8900254.517	1937.295	-0.045	-0.041	-0.167
0+220	362930.587	8900240.752	1937.012	362930.564	8900240.733	1937.104	-0.023	-0.019	0.092
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895	362945.769	8900227.741	1936.929	-0.020	-0.014	0.034
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776	362961.123	8900214.926	1936.771	-0.003	0.007	-0.005
0+280	362976.510	8900202.139	1936.582	362976.483	8900202.117	1936.609	-0.027	-0.022	0.027
0+300	362992.201	8900189.751	1936.380	362992.201	8900189.769	1936.363	0.000	0.018	-0.017

0+320	363009.548	8900179.815	1936.223	363009.499	8900179.745	1936.252	-0.049	-0.070	0.029
0+340	363027.081	8900170.193	1936.089	363027.075	8900170.200	1936.106	-0.006	0.007	0.017
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925	363044.553	8900160.479	1936.025	-0.005	0.008	0.100
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898	363062.014	8900150.727	1936.037	-0.035	-0.044	0.139
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929	363079.486	8900140.994	1936.002	-0.060	-0.089	0.073
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124	363096.967	8900131.277	1936.188	-0.015	-0.009	0.064
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356	363113.789	8900120.476	1936.419	0.023	0.041	0.063
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691	363129.424	8900108.020	1936.708	0.010	0.023	0.017
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998	363143.362	8900093.695	1937.030	0.027	0.036	0.032
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326	363155.776	8900078.018	1937.351	0.018	0.025	0.025
0+520	363166.791	8900061.320	1937.680	363166.870	8900061.382	1937.746	0.079	0.062	0.066
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990	363176.972	8900044.122	1938.042	-0.029	-0.001	0.052
0+560	363186.686	8900026.625	1938.261	363186.689	8900026.641	1938.300	0.003	0.016	0.039
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415	363194.637	8900008.317	1938.434	-0.044	-0.009	0.019
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514	363201.343	8899989.478	1938.564	-0.019	0.000	0.050
0+620	363210.630	8899971.844	1938.582	363210.619	8899971.838	1938.624	-0.011	-0.006	0.042
0+640	363223.810	8899956.812	1938.639	363223.814	8899956.827	1938.664	0.004	0.015	0.025
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986	363228.510	8899937.877	1939.057	-0.003	0.016	0.071
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539	363225.456	8899918.178	1939.553	0.003	0.019	0.014
0+700	363217.340	8899899.941	1939.927	363217.338	8899899.964	1939.986	-0.002	0.023	0.059
0+720	363203.606	8899885.560	1940.317	363203.592	8899885.597	1940.341	-0.014	0.037	0.024
0+740	363188.123	8899872.907	1940.864	363188.125	8899872.924	1940.904	0.002	0.017	0.040
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069	363172.142	8899860.903	1941.068	0.028	-0.016	-0.001
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682	363156.179	8899848.854	1941.678	0.132	-0.162	-0.004
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868	363140.226	8899836.792	1941.797	0.011	-0.007	-0.071
0+820	363124.227	8899824.783	1942.262	363124.230	8899824.787	1942.235	0.003	0.004	-0.027

0+840	363108.250	8899812.753	1942.658	363108.239	8899812.775	1942.556	-0.011	0.022	-0.102
0+860	363092.224	8899800.788	1943.058	363092.203	8899800.823	1942.964	-0.021	0.035	-0.094
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470	363075.396	8899790.029	1943.374	0.004	0.005	-0.096
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878	363056.694	8899783.036	1943.792	-0.002	0.038	-0.086
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252	363036.991	8899779.834	1944.181	0.002	-0.001	-0.071
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593	363017.040	8899780.659	1944.533	0.005	-0.010	-0.060
0+960	362997.655	8899785.500	1944.843	362997.670	8899785.518	1944.747	0.015	0.018	-0.096
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989	362979.381	8899793.568	1944.933	-0.002	-0.027	-0.056
0+1000	362962.983	8899804.920	1944.885	362962.992	8899804.909	1944.847	0.009	-0.011	-0.038
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832	362950.094	8899820.162	1944.735	0.016	-0.011	-0.097
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511	362940.610	8899837.733	1944.465	0.008	-0.014	-0.046
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267	362932.787	8899856.138	1944.186	0.028	-0.004	-0.081
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035	362925.189	8899874.638	1943.867	0.017	-0.009	-0.168
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792	362917.577	8899893.133	1943.695	0.011	-0.012	-0.097
0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583	362909.961	8899911.626	1943.456	-0.005	-0.018	-0.127
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640	362902.389	8899930.137	1943.317	0.014	-0.011	-0.323
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227	362894.789	8899948.636	1943.090	0.017	-0.010	-0.137
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132	362891.771	8899955.937	1943.082	0.012	0.003	-0.050
PROMEDIO ERROR							0.003	-0.001	0.002

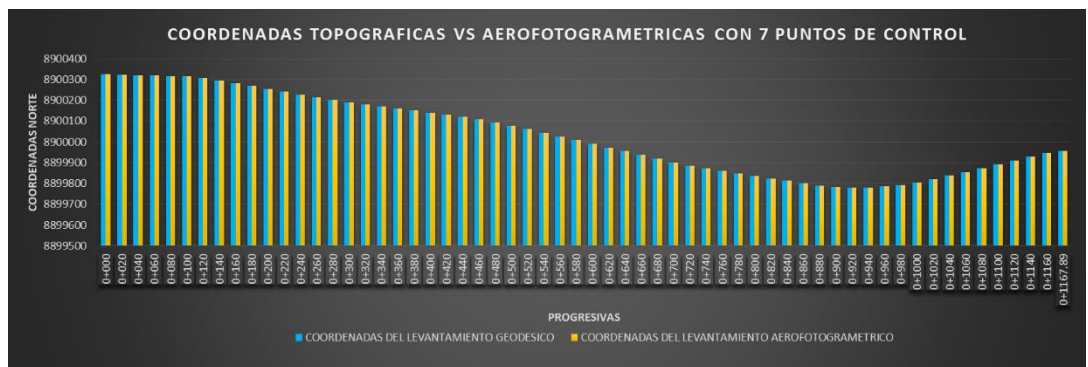
FUENTE: Elaboración propia

Figura 78: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control



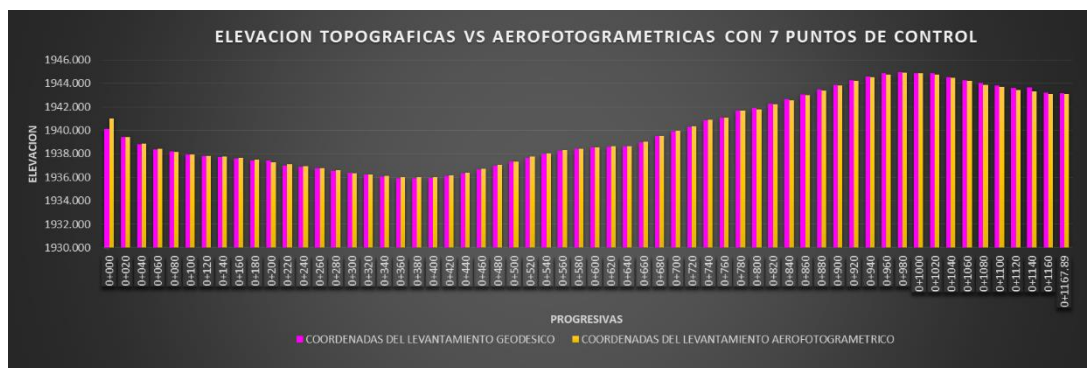
FUENTE: Elaboración propia

Figura 79: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 80: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

3.7.4. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.5 Y 08 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 33: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control

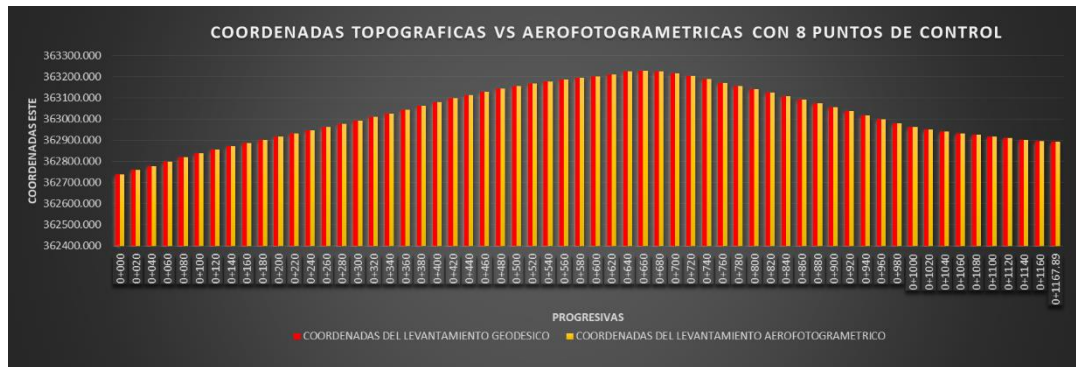
PROGRESIVA	COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO			RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO			ERROR DE PROYECCION		
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115	362739.020	8900324.306	1940.933	0.000	0.000	0.818
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425	362758.952	8900322.657	1939.414	0.000	0.004	-0.011
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838	362778.879	8900320.954	1938.864	-0.003	-0.037	0.026
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389	362798.806	8900319.249	1938.413	-0.005	-0.057	0.024
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202	362818.739	8900317.609	1938.110	-0.002	-0.025	-0.092
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926	362838.601	8900315.340	1937.894	-0.002	-0.020	-0.032
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816	362857.292	8900308.660	1937.796	-0.046	-0.078	-0.020
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723	362872.844	8900296.106	1937.765	0.203	0.221	0.042
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580	362887.536	8900282.541	1937.627	0.071	0.082	0.047
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439	362901.824	8900268.546	1937.395	0.000	0.006	-0.044
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462	362916.092	8900254.532	1937.255	-0.032	-0.026	-0.207
0+220	362930.587	8900240.752	1937.012	362930.558	8900240.727	1937.083	-0.029	-0.025	0.071
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895	362945.776	8900227.750	1936.940	-0.013	-0.005	0.045
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776	362961.122	8900214.924	1936.776	-0.004	0.005	0.000
0+280	362976.510	8900202.139	1936.582	362976.499	8900202.136	1936.618	-0.011	-0.003	0.036
0+300	362992.201	8900189.751	1936.380	362992.205	8900189.771	1936.365	0.004	0.020	-0.015

0+320	363009.548	8900179.815	1936.223	363009.501	8900179.746	1936.257	-0.047	-0.069	0.034
0+340	363027.081	8900170.193	1936.089	363027.067	8900170.184	1936.094	-0.014	-0.009	0.005
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925	363044.549	8900160.469	1936.016	-0.009	-0.002	0.091
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898	363062.019	8900150.732	1936.024	-0.030	-0.039	0.126
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929	363079.497	8900141.010	1935.980	-0.049	-0.073	0.051
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124	363096.970	8900131.279	1936.165	-0.012	-0.007	0.041
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356	363113.775	8900120.453	1936.400	0.009	0.018	0.044
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691	363129.420	8900108.010	1936.698	0.006	0.013	0.007
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998	363143.358	8900093.686	1937.084	0.023	0.027	0.086
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326	363155.773	8900078.011	1937.366	0.015	0.018	0.040
0+520	363166.791	8900061.320	1937.680	363166.877	8900061.382	1937.703	0.086	0.062	0.023
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990	363176.967	8900044.116	1938.037	-0.034	-0.007	0.047
0+560	363186.686	8900026.625	1938.261	363186.678	8900026.633	1938.285	-0.008	0.008	0.024
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415	363194.665	8900008.329	1938.441	-0.016	0.003	0.026
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514	363201.346	8899989.481	1938.556	-0.016	0.003	0.042
0+620	363210.630	8899971.844	1938.582	363210.603	8899971.830	1938.638	-0.027	-0.014	0.056
0+640	363223.810	8899956.812	1938.639	363223.800	8899956.815	1938.678	-0.010	0.003	0.039
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986	363228.514	8899937.885	1939.079	0.001	0.024	0.093
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539	363225.489	8899918.178	1939.603	0.036	0.019	0.064
0+700	363217.340	8899899.941	1939.927	363217.322	8899899.984	1940.002	-0.018	0.043	0.075
0+720	363203.606	8899885.560	1940.317	363203.599	8899885.603	1940.343	-0.007	0.043	0.026
0+740	363188.123	8899872.907	1940.864	363188.140	8899872.919	1940.937	0.017	0.012	0.073
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069	363172.153	8899860.902	1941.080	0.039	-0.017	0.011
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682	363156.198	8899848.842	1941.722	0.151	-0.174	0.040
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868	363140.219	8899836.815	1941.827	0.004	0.016	-0.041
0+820	363124.227	8899824.783	1942.262	363124.233	8899824.796	1942.258	0.006	0.013	-0.004

0+840	363108.250	8899812.753	1942.658	363108.261	8899812.759	1942.644	0.011	0.006	-0.014
0+860	363092.224	8899800.788	1943.058	363092.205	8899800.835	1943.001	-0.019	0.047	-0.057
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470	363075.399	8899790.043	1943.403	0.007	0.019	-0.067
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878	363056.699	8899783.040	1943.834	0.003	0.042	-0.044
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252	363036.995	8899779.853	1944.203	0.006	0.018	-0.049
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593	363017.042	8899780.668	1944.583	0.007	-0.001	-0.010
0+960	362997.655	8899785.500	1944.843	362997.684	8899785.560	1944.823	0.029	0.060	-0.020
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989	362979.384	8899793.580	1944.962	0.001	-0.015	-0.027
0+1000	362962.983	8899804.920	1944.885	362962.992	8899804.913	1944.888	0.009	-0.007	0.003
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832	362950.090	8899820.166	1944.748	0.012	-0.007	-0.084
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511	362940.590	8899837.729	1944.487	-0.012	-0.018	-0.024
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267	362932.800	8899856.147	1944.200	0.041	0.005	-0.067
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035	362925.182	8899874.639	1943.894	0.010	-0.008	-0.141
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792	362917.589	8899893.142	1943.708	0.023	-0.003	-0.084
0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583	362909.969	8899911.633	1943.459	0.003	-0.011	-0.124
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640	362902.380	8899930.137	1943.321	0.005	-0.011	-0.319
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227	362894.802	8899948.646	1943.085	0.030	0.000	-0.142
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132	362891.777	8899955.940	1943.086	0.018	0.006	-0.046
PROMEDIO ERROR							0.007	0.002	0.008

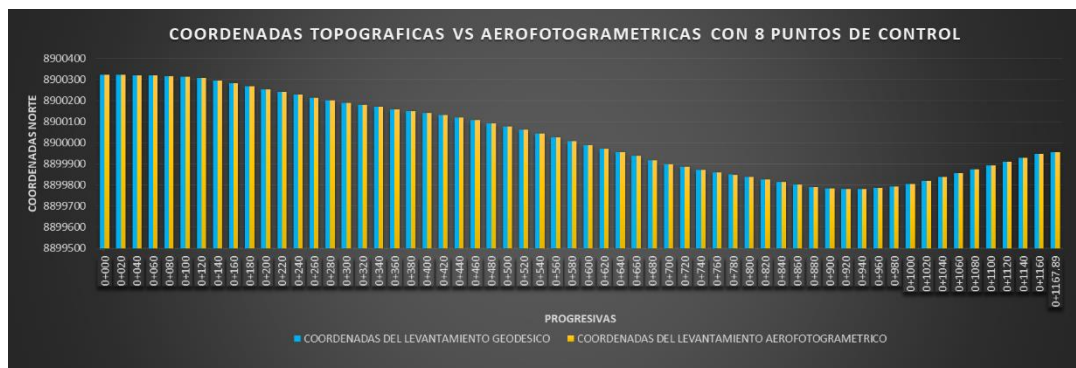
FUENTE: Elaboración propia

Figura 81: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control



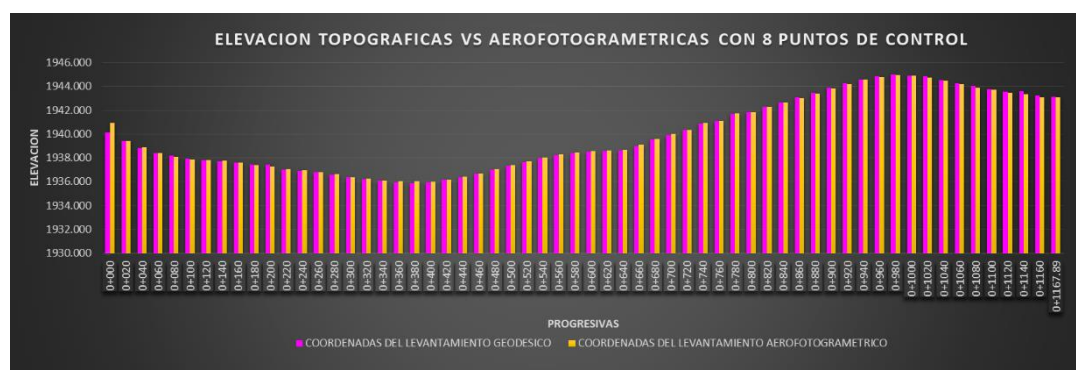
FUENTE: Elaboración propia

Figura 82: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 83: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

3.7.5. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 3.5 Y 09 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 34: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control

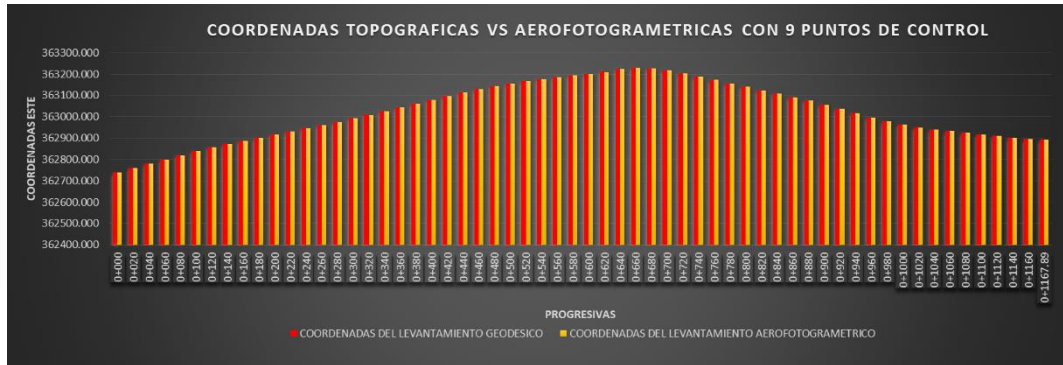
PROGRESIVA	COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO			RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO			ERROR DE PROYECCION		
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115	362739.019	8900324.282	1940.050	-0.001	-0.024	-0.065
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425	362758.953	8900322.660	1939.411	0.001	0.007	-0.014
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838	362778.882	8900320.977	1938.866	0.000	-0.014	0.028
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389	362798.808	8900319.262	1938.421	-0.003	-0.044	0.032
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202	362818.735	8900317.555	1938.118	-0.006	-0.079	-0.084
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926	362838.603	8900315.347	1937.884	0.000	-0.013	-0.042
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816	362857.316	8900308.696	1937.822	-0.022	-0.042	0.006
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723	362872.846	8900296.110	1937.798	0.205	0.225	0.075
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580	362887.520	8900282.526	1937.634	0.055	0.067	0.054
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439	362901.815	8900268.540	1937.452	-0.009	0.000	0.013
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462	362916.084	8900254.526	1937.280	-0.040	-0.032	-0.182
0+220	362930.587	8900240.752	1937.012	362930.539	8900240.710	1937.099	-0.048	-0.042	0.087
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895	362945.767	8900227.746	1936.954	-0.022	-0.009	0.059
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776	362961.123	8900214.932	1936.771	-0.003	0.013	-0.005
0+280	362976.510	8900202.139	1936.582	362976.480	8900202.121	1936.619	-0.030	-0.018	0.037
0+300	362992.201	8900189.751	1936.380	362992.192	8900189.761	1936.373	-0.009	0.010	-0.007

0+320	363009.548	8900179.815	1936.223	363009.486	8900179.729	1936.264	-0.062	-0.086	0.041
0+340	363027.081	8900170.193	1936.089	363027.064	8900170.190	1936.120	-0.017	-0.003	0.031
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925	363044.545	8900160.475	1936.050	-0.013	0.004	0.125
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898	363062.014	8900150.737	1936.048	-0.035	-0.034	0.150
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929	363079.488	8900141.009	1936.002	-0.058	-0.074	0.073
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124	363096.946	8900131.252	1936.177	-0.036	-0.034	0.053
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356	363113.758	8900120.446	1936.422	-0.008	0.011	0.066
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691	363129.422	8900108.029	1936.733	0.008	0.032	0.042
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998	363143.371	8900093.715	1937.093	0.036	0.056	0.095
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326	363155.768	8900078.024	1937.380	0.010	0.031	0.054
0+520	363166.791	8900061.320	1937.680	363166.877	8900061.398	1937.774	0.086	0.078	0.094
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990	363176.957	8900044.125	1938.046	-0.044	0.002	0.056
0+560	363186.686	8900026.625	1938.261	363186.654	8900026.641	1938.305	-0.032	0.016	0.044
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415	363194.642	8900008.340	1938.447	-0.039	0.014	0.032
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514	363201.350	8899989.503	1938.571	-0.012	0.025	0.057
0+620	363210.630	8899971.844	1938.582	363210.601	8899971.853	1938.641	-0.029	0.009	0.059
0+640	363223.810	8899956.812	1938.639	363223.822	8899956.859	1938.687	0.012	0.047	0.048
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986	363228.531	8899937.904	1939.073	0.018	0.043	0.087
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539	363225.466	8899918.204	1939.575	0.013	0.045	0.036
0+700	363217.340	8899899.941	1939.927	363217.349	8899899.991	1939.985	0.009	0.050	0.058
0+720	363203.606	8899885.560	1940.317	363203.623	8899885.611	1940.356	0.017	0.051	0.039
0+740	363188.123	8899872.907	1940.864	363188.153	8899872.941	1940.864	0.030	0.034	0.000
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069	363172.173	8899860.913	1941.045	0.059	-0.006	-0.024
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682	363156.209	8899848.868	1941.715	0.162	-0.148	0.033
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868	363140.245	8899836.821	1941.823	0.030	0.022	-0.045
0+820	363124.227	8899824.783	1942.262	363124.248	8899824.817	1942.288	0.021	0.034	0.026

0+840	363108.250	8899812.753	1942.658	363108.274	8899812.784	1942.591	0.024	0.031	-0.067
0+860	363092.224	8899800.788	1943.058	363092.235	8899800.837	1942.988	0.011	0.049	-0.070
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470	363075.413	8899790.064	1943.388	0.021	0.04	-0.082
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878	363056.720	8899783.051	1943.822	0.024	0.053	-0.056
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252	363037.018	8899779.835	1944.237	0.029	0.000	-0.015
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593	363017.066	8899780.651	1944.563	0.031	-0.018	-0.030
0+960	362997.655	8899785.500	1944.843	362997.693	8899785.504	1944.841	0.038	0.004	-0.002
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989	362979.416	8899793.579	1944.954	0.033	-0.016	-0.035
0+1000	362962.983	8899804.920	1944.885	362963.016	8899804.895	1944.894	0.033	-0.025	0.009
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832	362950.097	8899820.130	1944.752	0.019	-0.043	-0.080
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511	362940.606	8899837.700	1944.485	0.004	-0.047	-0.026
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267	362932.797	8899856.111	1944.200	0.038	-0.031	-0.067
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035	362925.211	8899874.616	1943.887	0.039	-0.031	-0.148
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792	362917.578	8899893.102	1943.703	0.012	-0.043	-0.089
0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583	362909.980	8899911.602	1943.462	0.014	-0.042	-0.121
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640	362902.389	8899930.106	1943.341	0.014	-0.042	-0.299
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227	362894.813	8899948.615	1943.087	0.041	-0.031	-0.140
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132	362891.776	8899955.936	1943.086	0.017	0.002	-0.046
PROMEDIO ERROR							0.011	0.001	-0.001

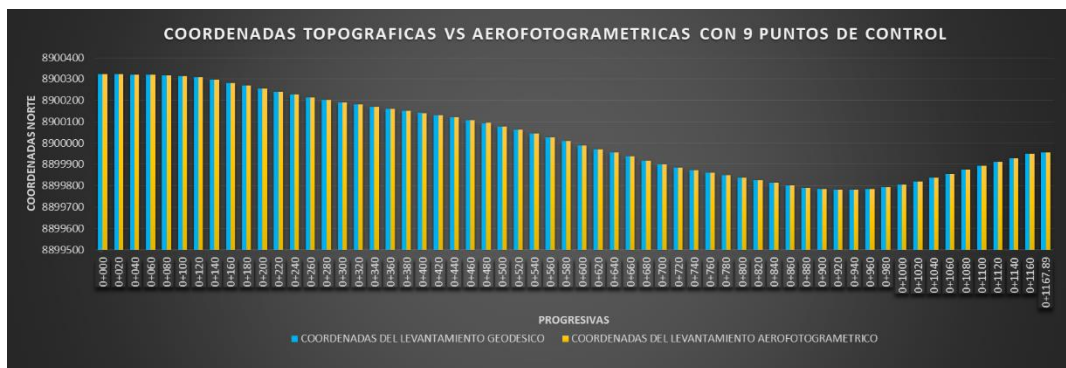
FUENTE: Elaboración propia

Figura 84: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control



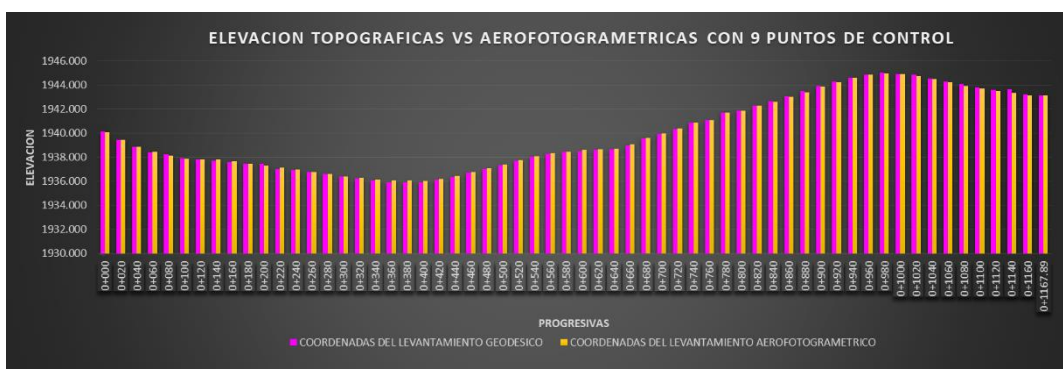
FUENTE: Elaboración propia

Figura 85: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 86: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 3.5 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

3.8. COMPARACION ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICO CON RESOLUCION ESPACIAL

GSD 4.0

3.8.1. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 4.0 Y 05 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 35: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control

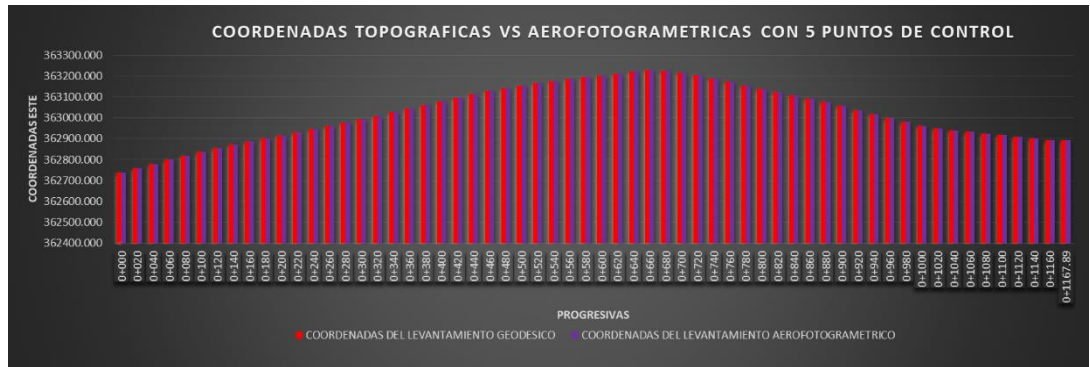
PROGRESIVA	COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO			RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO			ERROR DE PROYECCION		
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115	362739.016	8900324.310	1940.227	-0.004	0.004	0.112
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425	362758.952	8900322.704	1939.312	0.000	0.051	-0.113
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838	362778.875	8900320.957	1938.847	-0.007	-0.034	0.009
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389	362798.801	8900319.233	1938.402	-0.010	-0.073	0.013
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202	362818.730	8900317.548	1938.219	-0.011	-0.086	0.017
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926	362838.594	8900315.301	1937.964	-0.009	-0.059	0.038
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816	362857.299	8900308.659	1937.891	-0.039	-0.079	0.075
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723	362872.844	8900296.094	1937.764	0.203	0.209	0.041
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580	362887.510	8900282.501	1937.703	0.045	0.042	0.123
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439	362901.822	8900268.531	1937.523	-0.002	-0.009	0.084
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462	362916.112	8900254.539	1937.267	-0.012	-0.019	-0.195

0+220	362930.587	8900240.752	1937.012	362930.566	8900240.723	1937.162	-0.021	-0.029	0.150
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895	362945.801	8900227.766	1936.985	0.012	0.011	0.090
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776	362961.150	8900214.944	1936.921	0.024	0.025	0.145
0+280	362976.510	8900202.139	1936.582	362976.527	8900202.154	1936.624	0.017	0.015	0.042
0+300	362992.201	8900189.751	1936.380	362992.193	8900189.725	1936.380	-0.008	-0.026	0.000
0+320	363009.548	8900179.815	1936.223	363009.535	8900179.776	1936.346	-0.013	-0.039	0.123
0+340	363027.081	8900170.193	1936.089	363027.080	8900170.175	1936.121	-0.001	-0.018	0.032
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925	363044.573	8900160.481	1936.091	0.015	0.010	0.166
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898	363062.039	8900150.738	1936.073	-0.010	-0.033	0.175
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929	363079.506	8900140.996	1936.043	-0.040	-0.087	0.114
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124	363096.932	8900131.181	1936.183	-0.050	-0.105	0.059
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356	363113.766	8900120.404	1936.491	0.000	-0.031	0.135
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691	363129.399	8900107.934	1936.756	-0.015	-0.063	0.065
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998	363143.361	8900093.647	1937.169	0.026	-0.012	0.171
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326	363155.810	8900077.998	1937.398	0.052	0.005	0.072
0+520	363166.791	8900061.320	1937.680	363166.865	8900061.336	1937.780	0.074	0.016	0.100
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990	363177.014	8900044.103	1938.045	0.013	-0.020	0.055
0+560	363186.686	8900026.625	1938.261	363186.708	8900026.609	1938.386	0.022	-0.016	0.125
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415	363194.714	8900008.306	1938.527	0.033	-0.020	0.112
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514	363201.445	8899989.475	1938.582	0.083	-0.003	0.068
0+620	363210.630	8899971.844	1938.582	363210.688	8899971.830	1938.673	0.058	-0.014	0.091
0+640	363223.810	8899956.812	1938.639	363223.836	8899956.773	1938.745	0.026	-0.039	0.106
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986	363228.502	8899937.841	1939.123	-0.011	-0.020	0.137
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539	363225.491	8899918.139	1939.649	0.038	-0.020	0.110
0+700	363217.340	8899899.941	1939.927	363217.303	8899899.960	1939.970	-0.037	0.019	0.043
0+720	363203.606	8899885.560	1940.317	363203.549	8899885.595	1940.211	-0.057	0.035	-0.106

0+740	363188.123	8899872.907	1940.864	363188.092	8899872.912	1940.944	-0.031	0.005	0.080
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069	363172.156	8899860.828	1941.138	0.042	-0.091	0.069
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682	363156.111	8899848.900	1941.138	0.064	-0.116	-0.544
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868	363140.219	8899836.760	1942.002	0.004	-0.039	0.134
0+820	363124.227	8899824.783	1942.262	363124.210	8899824.772	1942.375	-0.017	-0.011	0.113
0+840	363108.250	8899812.753	1942.658	363108.214	8899812.767	1942.712	-0.036	0.014	0.054
0+860	363092.224	8899800.788	1943.058	363092.132	8899800.878	1943.083	-0.092	0.090	0.025
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470	363075.354	8899790.038	1943.518	-0.038	0.014	0.048
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878	363056.644	8899783.066	1943.908	-0.052	0.068	0.030
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252	363036.939	8899779.884	1944.292	-0.050	0.049	0.040
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593	363016.990	8899780.766	1944.621	-0.045	0.097	0.028
0+960	362997.655	8899785.500	1944.843	362997.619	8899785.604	1944.912	-0.036	0.104	0.069
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989	362979.349	8899793.690	1945.011	-0.034	0.095	0.022
0+1000	362962.983	8899804.920	1944.885	362962.962	8899805.024	1944.909	-0.021	0.104	0.024
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832	362950.034	8899820.251	1944.778	-0.044	0.078	-0.054
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511	362940.565	8899837.834	1944.455	-0.037	0.087	-0.056
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267	362932.770	8899856.248	1944.255	0.011	0.106	-0.012
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035	362925.145	8899874.738	1943.954	-0.027	0.091	-0.081
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792	362917.547	8899893.238	1943.714	-0.019	0.093	-0.078
0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583	362909.931	8899911.731	1943.442	-0.035	0.087	-0.141
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640	362902.319	8899930.226	1943.313	-0.056	0.078	-0.327
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227	362894.713	8899948.723	1943.097	-0.059	0.077	-0.130
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132	362891.745	8899955.945	1943.054	-0.014	0.011	-0.078
PROMEDIO ERROR							-0.004	0.010	0.030

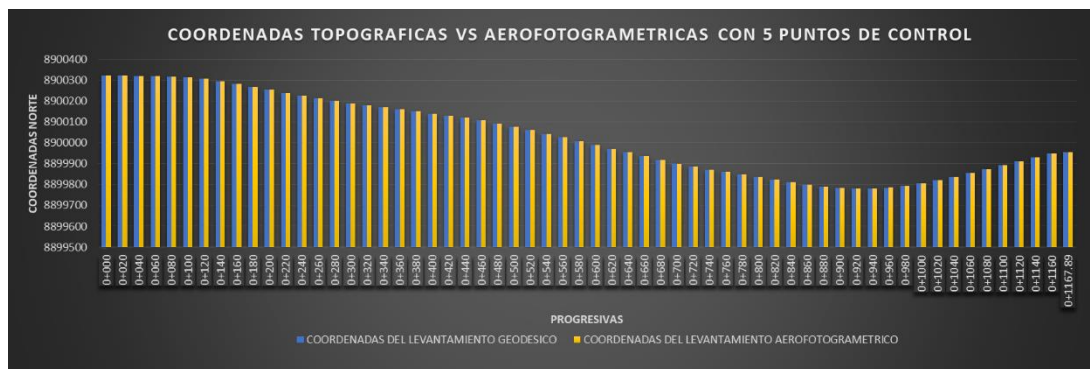
FUENTE: Elaboración propia

Figura 87: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control



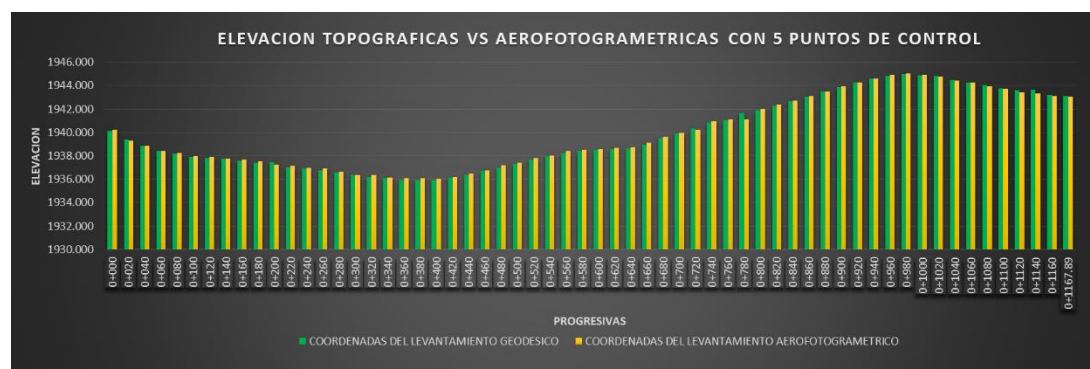
FUENTE: Elaboración propia

Figura 88: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 89: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 05 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

3.8.2. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 4.0 Y 06 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 36: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control

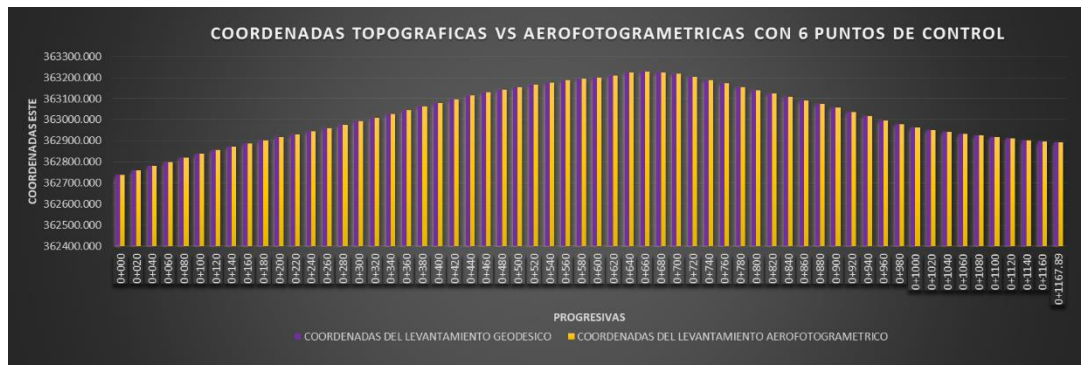
PROGRESIVA	COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO			RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO			ERROR DE PROYECCION		
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115	362739.020	8900324.309	1940.234	0.000	0.003	0.119
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425	362758.953	8900322.673	1939.319	0.001	0.02	-0.106
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838	362778.879	8900320.964	1938.845	-0.003	-0.027	0.007
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389	362798.808	8900319.289	1938.412	-0.003	-0.017	0.023
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202	362818.736	8900317.595	1938.249	-0.005	-0.039	0.047
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926	362838.598	8900315.312	1937.966	-0.005	-0.048	0.040
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816	362857.314	8900308.673	1937.849	-0.024	-0.065	0.033
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723	362872.848	8900296.094	1937.688	0.207	0.209	-0.035
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580	362887.527	8900282.516	1937.697	0.062	0.057	0.117
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439	362901.835	8900268.541	1937.505	0.011	0.001	0.066
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462	362916.108	8900254.531	1937.281	-0.016	-0.027	-0.181
0+220	362930.587	8900240.752	1937.012	362930.698	8900240.855	1937.180	0.111	0.103	0.168
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895	362945.774	8900227.719	1937.003	-0.015	-0.036	0.108
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776	362961.145	8900214.923	1936.844	0.019	0.004	0.068
0+280	362976.510	8900202.139	1936.582	362976.557	8900202.178	1936.625	0.047	0.039	0.043

0+300	362992.201	8900189.751	1936.380	362992.288	8900189.849	1936.380	0.087	0.098	0.000
0+320	363009.548	8900179.815	1936.223	363009.562	8900179.799	1936.281	0.014	-0.016	0.058
0+340	363027.081	8900170.193	1936.089	363027.112	8900170.208	1936.110	0.031	0.015	0.021
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925	363044.602	8900160.507	1936.100	0.044	0.036	0.175
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898	363062.066	8900150.760	1936.065	0.017	-0.011	0.167
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929	363079.545	8900141.040	1936.006	-0.001	-0.043	0.077
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124	363096.983	8900131.247	1936.123	0.001	-0.039	-0.001
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356	363113.762	8900120.384	1936.536	-0.004	-0.051	0.180
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691	363129.427	8900107.975	1936.723	0.013	-0.022	0.032
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998	363143.378	8900093.664	1937.089	0.043	0.005	0.091
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326	363155.806	8900077.999	1937.374	0.048	0.006	0.048
0+520	363166.791	8900061.320	1937.680	363166.847	8900061.326	1937.762	0.056	0.006	0.082
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990	363176.972	8900044.082	1938.012	-0.029	-0.041	0.022
0+560	363186.686	8900026.625	1938.261	363186.720	8900026.619	1938.339	0.034	-0.006	0.078
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415	363194.698	8900008.305	1938.502	0.017	-0.021	0.087
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514	363201.392	8899989.460	1938.562	0.030	-0.018	0.048
0+620	363210.630	8899971.844	1938.582	363210.710	8899971.850	1938.642	0.080	0.006	0.060
0+640	363223.810	8899956.812	1938.639	363223.825	8899956.769	1938.768	0.015	-0.043	0.129
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986	363228.523	8899937.820	1939.091	0.010	-0.041	0.105
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539	363225.439	8899918.118	1939.618	-0.014	-0.041	0.079
0+700	363217.340	8899899.941	1939.927	363217.296	8899899.911	1939.952	-0.044	-0.030	0.025
0+720	363203.606	8899885.560	1940.317	363203.443	8899885.681	1940.310	-0.163	0.121	-0.007
0+740	363188.123	8899872.907	1940.864	363188.108	8899872.847	1940.958	-0.015	-0.060	0.094
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069	363172.119	8899860.833	1941.096	0.005	-0.086	0.027
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682	363156.147	8899848.796	1941.805	0.100	-0.220	0.123
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868	363140.159	8899836.780	1941.919	-0.056	-0.019	0.051

0+820	363124.227	8899824.783	1942.262	363124.176	8899824.758	1942.387	-0.051	-0.025	0.125
0+840	363108.250	8899812.753	1942.658	363108.169	8899812.767	1942.746	-0.081	0.014	0.088
0+860	363092.224	8899800.788	1943.058	363092.151	8899800.790	1943.152	-0.073	0.002	0.094
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470	363075.294	8899790.079	1943.559	-0.098	0.055	0.089
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878	363056.609	8899783.059	1943.951	-0.087	0.061	0.073
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252	363036.912	8899779.851	1944.306	-0.077	0.016	0.054
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593	363016.962	8899780.727	1944.684	-0.073	0.058	0.091
0+960	362997.655	8899785.500	1944.843	362997.608	8899785.635	1944.904	-0.047	0.135	0.061
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989	362979.336	8899793.716	1945.021	-0.047	0.121	0.032
0+1000	362962.983	8899804.920	1944.885	362962.921	8899805.010	1944.926	-0.062	0.090	0.041
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832	362950.022	8899820.259	1944.787	-0.056	0.086	-0.045
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511	362940.526	8899837.822	1944.464	-0.076	0.075	-0.047
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267	362932.762	8899856.251	1944.247	0.003	0.109	-0.020
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035	362925.146	8899874.744	1943.944	-0.026	0.097	-0.091
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792	362917.551	8899893.246	1943.725	-0.015	0.101	-0.067
0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583	362909.949	8899911.745	1943.445	-0.017	0.101	-0.138
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640	362902.344	8899930.243	1943.337	-0.031	0.095	-0.303
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227	362894.731	8899948.737	1943.074	-0.041	0.091	-0.153
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132	362891.794	8899955.950	1943.072	0.035	0.016	-0.060
PROMEDIO ERROR							-0.004	0.016	0.037

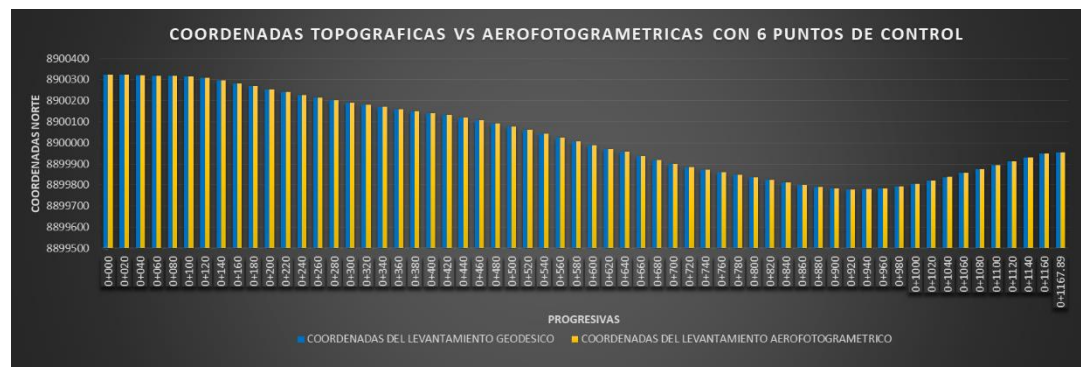
FUENTE: Elaboración propia

Figura 90: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control



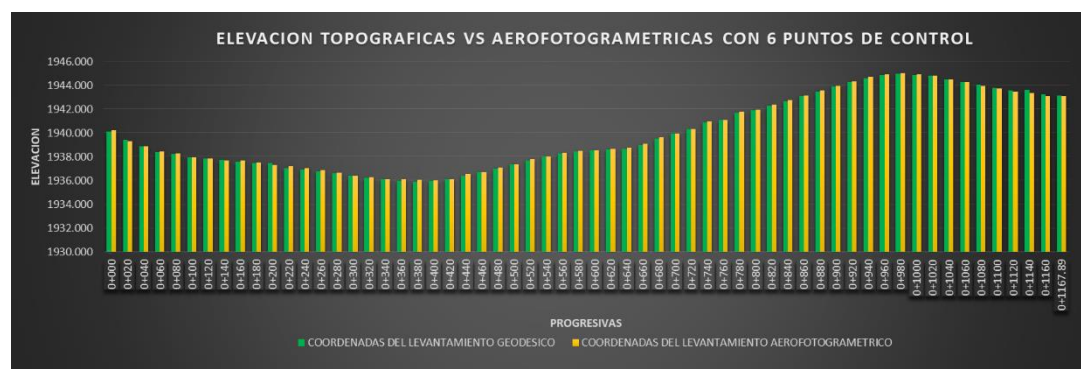
FUENTE: Elaboración propia

Figura 91: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 92: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 06 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

3.8.3. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 4.0 Y 07 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 37: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control

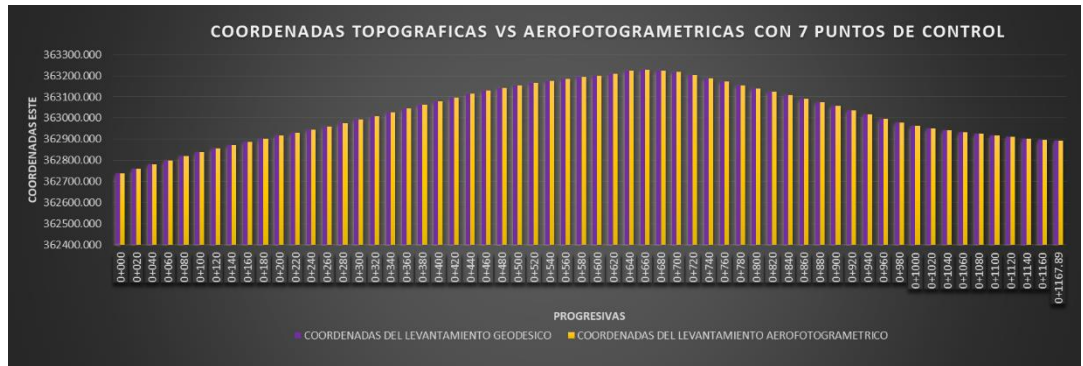
PROGRESIVA	COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO			RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO			ERROR DE PROYECCION		
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115	362739.016	8900324.329	1940.788	-0.004	0.023	0.673
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425	362758.948	8900322.673	1939.386	-0.004	0.02	-0.039
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838	362778.877	8900320.986	1938.842	-0.005	-0.005	0.004
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389	362798.804	8900319.279	1938.397	-0.007	-0.027	0.008
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202	362818.732	8900317.595	1938.237	-0.009	-0.039	0.035
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926	362838.601	8900315.362	1937.976	-0.002	0.002	0.050
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816	362857.325	8900308.708	1937.846	-0.013	-0.03	0.030
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723	362872.835	8900296.096	1937.792	0.194	0.211	0.069
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580	362887.523	8900282.527	1937.708	0.058	0.068	0.128
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439	362901.825	8900268.547	1937.494	0.001	0.007	0.055
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462	362916.103	8900254.542	1937.277	-0.021	-0.016	-0.185
0+220	362930.587	8900240.752	1937.012	362930.588	8900240.759	1937.153	0.001	0.007	0.141
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895	362945.795	8900227.771	1936.974	0.006	0.016	0.079
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776	362961.142	8900214.947	1936.839	0.016	0.028	0.063
0+280	362976.510	8900202.139	1936.582	362976.539	8900202.183	1936.601	0.029	0.044	0.019
0+300	362992.201	8900189.751	1936.380	362992.210	8900189.775	1936.367	0.009	0.024	-0.013

0+320	363009.548	8900179.815	1936.223	363009.514	8900179.764	1936.273	-0.034	-0.051	0.050
0+340	363027.081	8900170.193	1936.089	363027.100	8900170.238	1936.105	0.019	0.045	0.016
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925	363044.571	8900160.505	1936.114	0.013	0.034	0.189
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898	363062.030	8900150.749	1936.047	-0.019	-0.022	0.149
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929	363079.497	8900141.007	1936.028	-0.049	-0.076	0.099
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124	363096.980	8900131.293	1936.165	-0.002	0.007	0.041
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356	363113.768	8900120.443	1936.485	0.002	0.008	0.129
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691	363129.422	8900108.013	1936.755	0.008	0.016	0.064
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998	363143.344	8900093.676	1937.155	0.009	0.017	0.157
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326	363155.795	8900078.029	1937.383	0.037	0.036	0.057
0+520	363166.791	8900061.320	1937.680	363166.867	8900061.377	1937.778	0.076	0.057	0.098
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990	363177.010	8900044.142	1938.044	0.009	0.019	0.054
0+560	363186.686	8900026.625	1938.261	363186.680	8900026.635	1938.373	-0.006	0.010	0.112
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415	363194.714	8900008.350	1938.535	0.033	0.024	0.120
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514	363201.363	8899989.489	1938.560	0.001	0.011	0.046
0+620	363210.630	8899971.844	1938.582	363210.645	8899971.857	1938.681	0.015	0.013	0.099
0+640	363223.810	8899956.812	1938.639	363223.805	8899956.806	1938.782	-0.005	-0.006	0.143
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986	363228.536	8899937.865	1939.120	0.023	0.004	0.134
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539	363225.382	8899918.186	1939.615	-0.071	0.027	0.076
0+700	363217.340	8899899.941	1939.927	363217.316	8899899.960	1939.969	-0.024	0.019	0.042
0+720	363203.606	8899885.560	1940.317	363203.593	8899885.570	1940.335	-0.013	0.010	0.018
0+740	363188.123	8899872.907	1940.864	363188.123	8899872.897	1940.935	0.000	-0.010	0.071
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069	363172.146	8899860.867	1941.120	0.032	-0.052	0.051
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682	363156.174	8899848.832	1941.824	0.127	-0.184	0.142
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868	363140.205	8899836.790	1942.040	-0.010	-0.009	0.172
0+820	363124.227	8899824.783	1942.262	363124.235	8899824.750	1942.393	0.008	-0.033	0.131

0+840	363108.250	8899812.753	1942.658	363108.214	8899812.779	1942.728	-0.036	0.026	0.070
0+860	363092.224	8899800.788	1943.058	363092.159	8899800.853	1943.108	-0.065	0.065	0.050
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470	363075.348	8899790.059	1943.529	-0.044	0.035	0.059
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878	363056.662	8899783.022	1943.928	-0.034	0.024	0.050
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252	363036.952	8899779.883	1944.271	-0.037	0.048	0.019
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593	363017.014	8899780.808	1944.676	-0.021	0.139	0.083
0+960	362997.655	8899785.500	1944.843	362997.644	8899785.636	1944.892	-0.011	0.136	0.049
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989	362979.359	8899793.687	1945.002	-0.024	0.092	0.013
0+1000	362962.983	8899804.920	1944.885	362962.969	8899805.015	1944.907	-0.014	0.095	0.022
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832	362950.048	8899820.249	1944.782	-0.030	0.076	-0.050
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511	362940.552	8899837.819	1944.460	-0.050	0.072	-0.051
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267	362932.760	8899856.238	1944.234	0.001	0.096	-0.033
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035	362925.124	8899874.722	1943.941	-0.048	0.075	-0.094
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792	362917.554	8899893.235	1943.728	-0.012	0.090	-0.064
0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583	362909.929	8899911.724	1943.484	-0.037	0.080	-0.099
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640	362902.333	8899930.226	1943.298	-0.042	0.078	-0.342
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227	362894.744	8899948.730	1943.094	-0.028	0.084	-0.133
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132	362891.780	8899955.949	1943.062	0.021	0.015	-0.070
PROMEDIO ERROR							-0.001	0.026	0.051

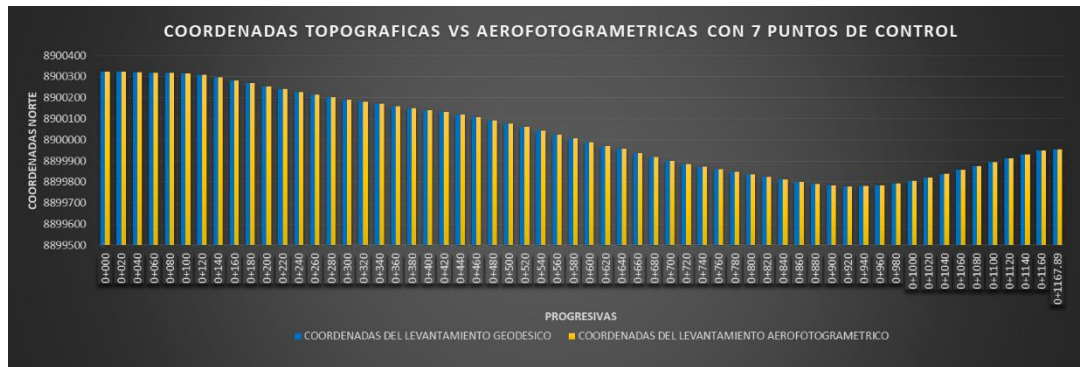
FUENTE: Elaboración propia

Figura 93: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control



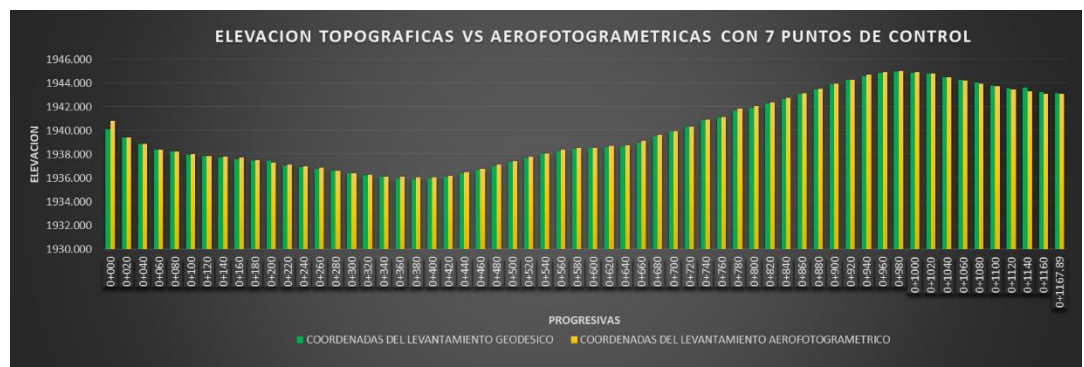
FUENTE: Elaboración propia

Figura 94: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 95: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 07 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

3.8.4. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 4.0 Y 08 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 38: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control

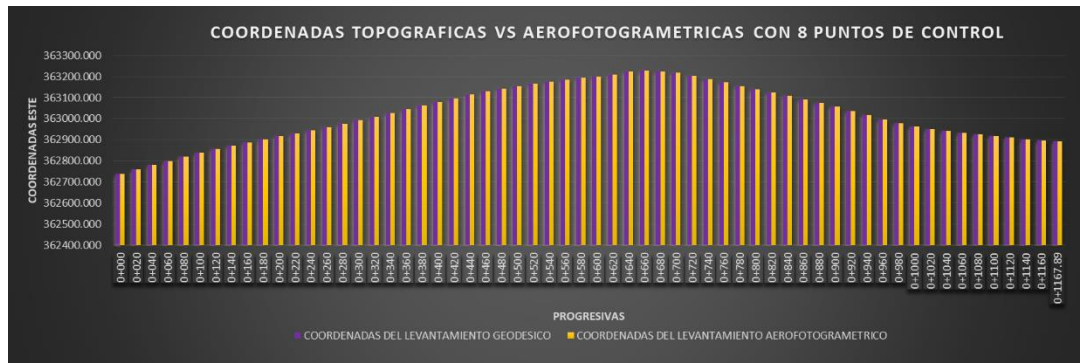
PROGRESIVA	COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO			RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO			ERROR DE PROYECCION		
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115	362739.022	8900324.308	1940.326	0.002	0.002	0.211
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425	362758.954	8900322.666	1939.401	0.002	0.013	-0.024
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838	362778.882	8900320.968	1938.843	0.000	-0.023	0.005
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389	362798.809	8900319.262	1938.441	-0.002	-0.044	0.052
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202	362818.737	8900317.564	1938.198	-0.004	-0.07	-0.004
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926	362838.600	8900315.339	1937.962	-0.003	-0.021	0.036
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816	362857.309	8900308.672	1937.832	-0.029	-0.066	0.016
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723	362872.843	8900296.090	1937.616	0.202	0.205	-0.107
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580	362887.552	8900282.541	1937.701	0.087	0.082	0.121
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439	362901.833	8900268.540	1937.481	0.009	0.000	0.042
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462	362916.127	8900254.552	1937.285	0.003	-0.006	-0.177
0+220	362930.587	8900240.752	1937.012	362930.562	8900240.714	1937.146	-0.025	-0.038	0.134
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895	362945.810	8900227.772	1936.966	0.021	0.017	0.071
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776	362961.118	8900214.902	1936.857	-0.008	-0.017	0.081
0+280	362976.510	8900202.139	1936.582	362976.530	8900202.156	1936.586	0.020	0.017	0.004
0+300	362992.201	8900189.751	1936.380	362992.206	8900189.752	1936.359	0.005	0.001	-0.021

0+320	363009.548	8900179.815	1936.223	363009.508	8900179.739	1936.328	-0.040	-0.076	0.105
0+340	363027.081	8900170.193	1936.089	363027.094	8900170.213	1936.093	0.013	0.020	0.004
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925	363044.581	8900160.507	1936.008	0.023	0.036	0.083
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898	363062.042	8900150.755	1936.028	-0.007	-0.016	0.130
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929	363079.508	8900141.012	1936.003	-0.038	-0.071	0.074
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124	363096.963	8900131.249	1936.129	-0.019	-0.037	0.005
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356	363113.769	8900120.435	1936.450	0.003	0.000	0.094
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691	363129.415	8900107.999	1936.722	0.001	0.002	0.031
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998	363143.337	8900093.663	1937.129	0.002	0.004	0.131
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326	363155.773	8900078.005	1937.370	0.015	0.012	0.044
0+520	363166.791	8900061.320	1937.680	363166.885	8900061.380	1937.751	0.094	0.060	0.071
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990	363177.001	8900044.129	1938.016	0.000	0.006	0.026
0+560	363186.686	8900026.625	1938.261	363186.693	8900026.635	1938.333	0.007	0.010	0.072
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415	363194.690	8900008.331	1938.476	0.009	0.005	0.061
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514	363201.345	8899989.473	1938.529	-0.017	-0.005	0.015
0+620	363210.630	8899971.844	1938.582	363210.625	8899971.836	1938.615	-0.005	-0.008	0.033
0+640	363223.810	8899956.812	1938.639	363223.797	8899956.800	1938.708	-0.013	-0.012	0.069
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986	363228.513	8899937.860	1939.073	0.000	-0.001	0.087
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539	363225.464	8899918.162	1939.605	0.011	0.003	0.066
0+700	363217.340	8899899.941	1939.927	363217.311	8899899.964	1939.960	-0.029	0.023	0.033
0+720	363203.606	8899885.560	1940.317	363203.573	8899885.599	1940.313	-0.033	0.039	-0.004
0+740	363188.123	8899872.907	1940.864	363188.108	8899872.923	1940.921	-0.015	0.016	0.057
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069	363172.156	8899860.859	1941.113	0.042	-0.060	0.044
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682	363156.191	8899848.812	1941.806	0.144	-0.204	0.124
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868	363140.216	8899836.779	1942.034	0.001	-0.020	0.166
0+820	363124.227	8899824.783	1942.262	363124.214	8899824.781	1942.372	-0.013	-0.002	0.110

0+840	363108.250	8899812.753	1942.658	363108.219	8899812.775	1942.708	-0.031	0.022	0.050
0+860	363092.224	8899800.788	1943.058	363092.172	8899800.839	1943.148	-0.052	0.051	0.090
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470	363075.357	8899790.054	1943.517	-0.035	0.030	0.047
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878	363056.657	8899783.052	1943.939	-0.039	0.054	0.061
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252	363036.950	8899779.882	1944.284	-0.039	0.047	0.032
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593	363017.002	8899780.739	1944.600	-0.033	0.070	0.007
0+960	362997.655	8899785.500	1944.843	362997.630	8899785.589	1944.911	-0.025	0.089	0.068
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989	362979.337	8899793.635	1945.028	-0.046	0.040	0.039
0+1000	362962.983	8899804.920	1944.885	362962.950	8899804.978	1944.924	-0.033	0.058	0.039
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832	362950.041	8899820.221	1944.790	-0.037	0.048	-0.042
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511	362940.571	8899837.799	1944.471	-0.031	0.052	-0.040
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267	362932.759	8899856.208	1944.241	0.000	0.066	-0.026
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035	362925.158	8899874.707	1943.956	-0.014	0.060	-0.079
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792	362917.572	8899893.212	1943.737	0.006	0.067	-0.055
0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583	362909.937	8899911.698	1943.463	-0.029	0.054	-0.120
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640	362902.346	8899930.201	1943.324	-0.029	0.053	-0.316
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227	362894.736	8899948.696	1943.093	-0.036	0.050	-0.134
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132	362891.783	8899955.958	1943.070	0.024	0.024	-0.062
PROMEDIO ERROR							-0.001	0.012	0.029

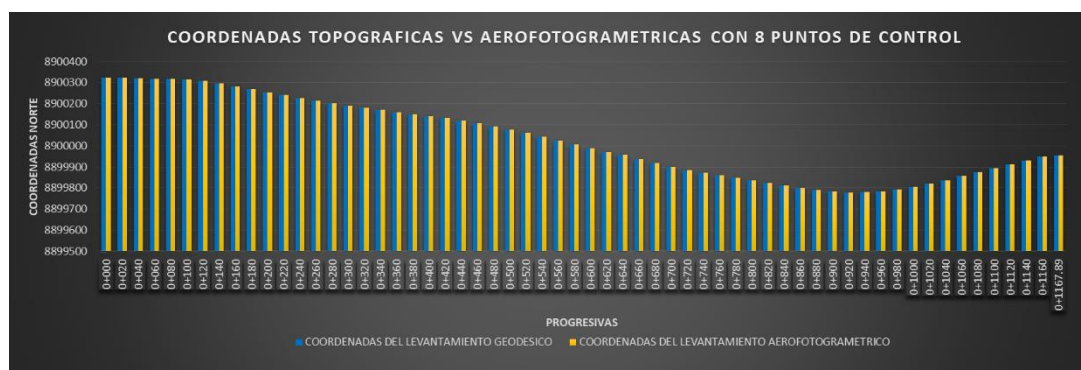
FUENTE: Elaboración propia

Figura 96: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control



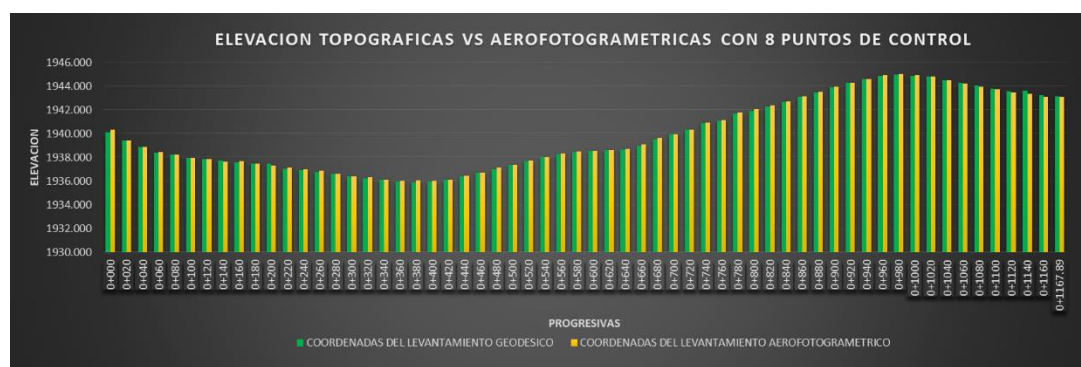
FUENTE: Elaboración propia

Figura 97: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 98: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 08 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

3.8.5. RESULTADOS ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAMETRICOS CON RESOLUCION ESPACIAL 4.0 Y 09 PUNTOS DE CONTROL

Tabla 39: Resultados entre los levantamientos topográfico y aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control

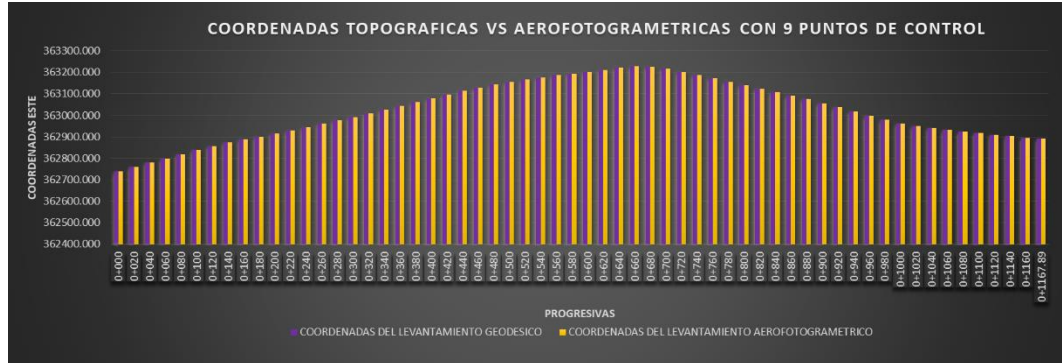
PROGRESIVA	COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO GEODESICO			RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMETRICO			ERROR DE PROYECCION		
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
0+000	362739.020	8900324.306	1940.115	362739.020	8900324.306	1940.810	0.000	0.000	0.695
0+020	362758.952	8900322.653	1939.425	362758.953	8900322.680	1939.341	0.001	0.027	-0.084
0+040	362778.882	8900320.991	1938.838	362778.880	8900320.967	1938.861	-0.002	-0.024	0.023
0+060	362798.811	8900319.306	1938.389	362798.808	8900319.281	1938.406	-0.003	-0.025	0.017
0+080	362818.741	8900317.634	1938.202	362818.736	8900317.584	1938.244	-0.005	-0.05	0.042
0+100	362838.603	8900315.360	1937.926	362838.594	8900315.320	1937.982	-0.009	-0.04	0.056
0+120	362857.338	8900308.738	1937.816	362857.326	8900308.699	1937.905	-0.012	-0.039	0.089
0+140	362872.641	8900295.885	1937.723	362872.833	8900296.086	1937.804	0.192	0.201	0.081
0+160	362887.465	8900282.459	1937.580	362887.540	8900282.540	1937.690	0.075	0.081	0.110
0+180	362901.824	8900268.540	1937.439	362901.818	8900268.535	1937.494	-0.006	-0.005	0.055
0+200	362916.124	8900254.558	1937.462	362916.122	8900254.558	1937.269	-0.002	0.000	-0.193
0+220	362930.587	8900240.752	1937.012	362930.539	8900240.702	1937.148	-0.048	-0.05	0.136
0+240	362945.789	8900227.755	1936.895	362945.762	8900227.732	1936.986	-0.027	-0.023	0.091
0+260	362961.126	8900214.919	1936.776	362961.128	8900214.929	1936.880	0.002	0.010	0.104
0+280	362976.510	8900202.139	1936.582	362976.522	8900202.162	1936.605	0.012	0.023	0.023
0+300	362992.201	8900189.751	1936.380	362992.207	8900189.769	1936.366	0.006	0.018	-0.014

0+320	363009.548	8900179.815	1936.223	363009.522	8900179.780	1936.332	-0.026	-0.035	0.109
0+340	363027.081	8900170.193	1936.089	363027.091	8900170.223	1936.098	0.010	0.030	0.009
0+360	363044.558	8900160.471	1935.925	363044.562	8900160.489	1936.077	0.004	0.018	0.152
0+380	363062.049	8900150.771	1935.898	363062.042	8900150.771	1936.037	-0.007	0.00	0.139
0+400	363079.546	8900141.083	1935.929	363079.503	8900141.020	1936.002	-0.043	-0.063	0.073
0+420	363096.982	8900131.286	1936.124	363096.981	8900131.299	1936.125	-0.001	0.013	0.001
0+440	363113.766	8900120.435	1936.356	363113.778	8900120.461	1936.459	0.012	0.026	0.103
0+460	363129.414	8900107.997	1936.691	363129.396	8900107.985	1936.720	-0.018	-0.012	0.029
0+480	363143.335	8900093.659	1936.998	363143.360	8900093.687	1937.087	0.025	0.028	0.089
0+500	363155.758	8900077.993	1937.326	363155.762	8900078.003	1937.366	0.004	0.010	0.040
0+520	363166.791	8900061.320	1937.680	363166.885	8900061.386	1937.765	0.094	0.066	0.085
0+540	363177.001	8900044.123	1937.990	363176.962	8900044.114	1938.010	-0.039	-0.009	0.020
0+560	363186.686	8900026.625	1938.261	363186.691	8900026.640	1938.360	0.005	0.015	0.099
0+580	363194.681	8900008.326	1938.415	363194.695	8900008.341	1938.480	0.014	0.015	0.065
0+600	363201.362	8899989.478	1938.514	363201.366	8899989.489	1938.549	0.004	0.011	0.035
0+620	363210.630	8899971.844	1938.582	363210.644	8899971.855	1938.646	0.014	0.011	0.064
0+640	363223.810	8899956.812	1938.639	363223.807	8899956.810	1938.707	-0.003	-0.002	0.068
0+660	363228.513	8899937.861	1938.986	363228.513	8899937.873	1939.095	0.000	0.012	0.109
0+680	363225.453	8899918.159	1939.539	363225.482	8899918.165	1939.606	0.029	0.006	0.067
0+700	363217.340	8899899.941	1939.927	363217.364	8899899.951	1939.946	0.024	0.010	0.019
0+720	363203.606	8899885.560	1940.317	363203.600	8899885.598	1940.277	-0.006	0.038	-0.040
0+740	363188.123	8899872.907	1940.864	363188.147	8899872.908	1940.932	0.024	0.001	0.068
0+760	363172.114	8899860.919	1941.069	363172.162	8899860.888	1941.108	0.048	-0.031	0.039
0+780	363156.047	8899849.016	1941.682	363156.186	8899848.857	1941.759	0.139	-0.159	0.077
0+800	363140.215	8899836.799	1941.868	363140.227	8899836.802	1942.010	0.012	0.003	0.142
0+820	363124.227	8899824.783	1942.262	363124.215	8899824.818	1942.369	-0.012	0.035	0.107

0+840	363108.250	8899812.753	1942.658	363108.236	8899812.791	1942.701	-0.014	0.038	0.043
0+860	363092.224	8899800.788	1943.058	363092.197	8899800.843	1943.086	-0.027	0.055	0.028
0+880	363075.392	8899790.024	1943.470	363075.383	8899790.061	1943.507	-0.009	0.037	0.037
0+900	363056.696	8899782.998	1943.878	363056.697	8899783.023	1943.916	0.001	0.025	0.038
0+920	363036.989	8899779.835	1944.252	363036.991	8899779.843	1944.283	0.002	0.008	0.031
0+940	363017.035	8899780.669	1944.593	363017.043	8899780.725	1944.595	0.008	0.056	0.002
0+960	362997.655	8899785.500	1944.843	362997.667	8899785.549	1944.873	0.012	0.049	0.030
0+980	362979.383	8899793.595	1944.989	362979.384	8899793.619	1945.001	0.001	0.024	0.012
0+1000	362962.983	8899804.920	1944.885	362962.983	8899804.943	1944.914	0.000	0.023	0.029
0+1020	362950.078	8899820.173	1944.832	362950.071	8899820.186	1944.785	-0.007	0.013	-0.047
0+1040	362940.602	8899837.747	1944.511	362940.595	8899837.762	1944.462	-0.007	0.015	-0.049
0+1060	362932.759	8899856.142	1944.267	362932.772	8899856.166	1944.226	0.013	0.024	-0.041
0+1080	362925.172	8899874.647	1944.035	362925.161	8899874.662	1943.946	-0.011	0.015	-0.089
0+1100	362917.566	8899893.145	1943.792	362917.574	8899893.166	1943.743	0.008	0.021	-0.049
0+1120	362909.966	8899911.644	1943.583	362909.965	8899911.662	1943.460	-0.001	0.018	-0.123
0+1140	362902.375	8899930.148	1943.640	362902.378	8899930.167	1943.329	0.003	0.019	-0.311
0+1160	362894.772	8899948.646	1943.227	362894.758	8899948.659	1943.106	-0.014	0.013	-0.121
0+1167.89	362891.759	8899955.934	1943.132	362891.766	8899955.942	1943.080	0.007	0.008	-0.052
PROMEDIO ERROR							0.007	0.010	0.039

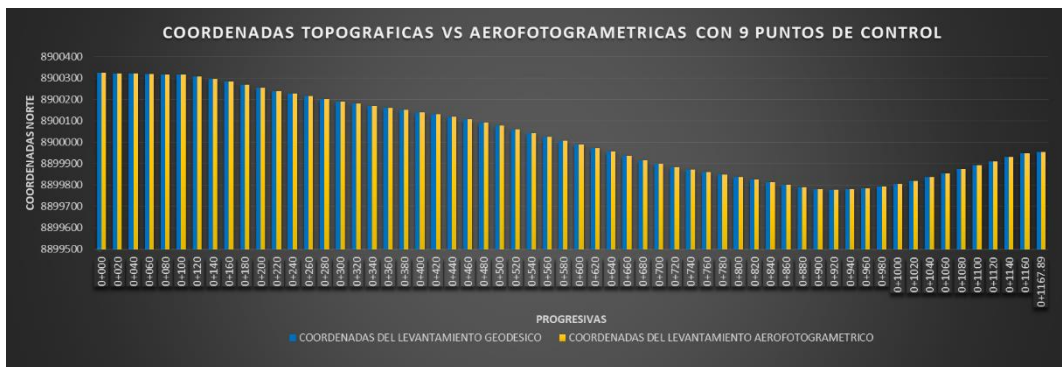
FUENTE: Elaboración propia

Figura 99: grafico de barras de las coordenadas ESTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control



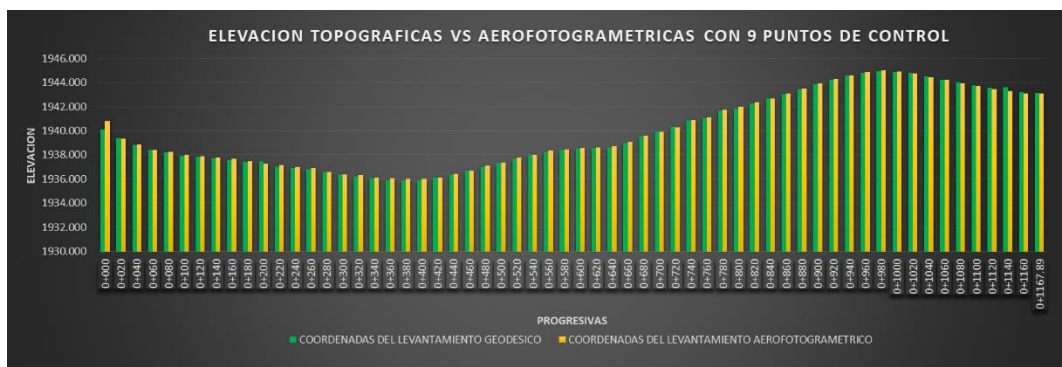
FUENTE: Elaboración propia

Figura 100: grafico de barras de las coordenadas NORTE del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

Figura 101: grafico de barras de las ELEVACIONES del levantamientos topográfico vs aerofotogrametrico del eje de la vía con GSD 4.0 cm/pixel y con la cantidad de 09 puntos de control



FUENTE: Elaboración propia

3.9. CALCULO DE LA CONFIABILIDAD DE LOS LEVANTAMIENTOS AERFOTRGRAMETRICO

3.9.1. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=3 (ESTE)

Tabla 40: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial r=3.00 (este).

PREGRESI VAS	RESOLUCION ESPACIAL R=3.00 COORDENADAS ESTE					SUMA
	CANTIDAD DE PUNTOS DE CONTROL					
	5	6	7	8	9	
0+000	362739.018	362739.020	362739.02	362739.023	362739.020	1813695.101
0+020	362758.951	362758.953	362758.953	362758.957	362758.952	1813794.766
0+040	362778.879	362778.880	362778.880	362778.842	362778.880	1813894.361
0+060	362798.806	362798.807	362798.805	362798.809	362798.806	1813994.033
0+080	362818.734	362818.738	362818.737	362818.740	362818.737	1814093.686
0+100	362838.603	362838.604	362838.604	362838.606	362838.605	1814193.022
0+120	362857.320	362857.316	362857.321	362857.311	362857.305	1814286.573
0+140	362872.822	362872.813	362872.819	362872.809	362872.815	1814364.078
0+160	362887.528	362887.515	362887.506	362887.532	362887.516	1814437.597
0+180	362901.780	362901.801	362901.772	362901.803	362901.787	1814508.943
0+200	362916.090	362916.096	362916.091	362916.086	362916.088	1814580.451
0+220	362930.550	362930.558	362930.546	362930.535	362930.545	1814652.734
0+240	362945.763	362945.764	362945.761	362945.762	362945.762	1814728.812
0+260	362961.116	362961.116	362961.106	362961.110	362961.123	1814805.571
0+280	362976.480	362976.488	362976.490	362976.486	362976.496	1814882.44
0+300	362992.183	362992.188	362992.181	362992.184	362992.188	1814960.924
0+320	363009.485	363009.491	363009.493	363009.486	363009.488	1815047.443
0+340	363027.064	363027.073	363027.055	363027.055	363027.062	1815135.309
0+360	363044.528	363044.549	363044.544	363044.534	363044.556	1815222.711
0+380	363062.016	363062.015	363062.017	363062.007	363062.022	1815310.077
0+400	363079.484	363079.490	363079.486	363079.481	363079.489	1815397.430
0+420	363096.941	363096.96	363096.947	363096.946	363096.969	1815484.763
0+440	363113.756	363113.764	363113.751	363113.749	363113.763	1815568.783
0+460	363129.395	363129.403	363129.396	363129.390	363129.412	1815646.996
0+480	363143.339	363143.340	363143.346	363143.347	363143.350	1815716.722
0+500	363155.778	363155.756	363155.754	363155.763	363155.757	1815778.808
0+520	363166.878	363166.841	363166.867	363166.880	363166.858	1815834.324
0+540	363176.961	363176.956	363176.955	363176.947	363176.948	1815884.767
0+560	363186.689	363186.696	363186.638	363186.647	363186.660	1815933.330

0+580	363194.705	363194.665	363194.665	363194.673	363194.678	1815973.386
0+600	363201.345	363201.357	363201.357	363201.327	363201.355	1816006.741
0+620	363210.634	363210.635	363210.626	363210.610	363210.625	1816053.130
0+640	363223.811	363223.794	363223.795	363223.809	363223.802	1816119.011
0+660	363228.511	363228.512	363228.524	363228.513	363228.507	1816142.567
0+680	363225.463	363225.454	363225.446	363225.457	363225.447	1816127.267
0+700	363217.370	363217.342	363217.337	363217.337	363217.355	1816086.741
0+720	363203.623	363203.611	363203.607	363203.623	363203.622	1816018.086
0+740	363188.147	363188.126	363188.138	363188.139	363188.150	1815940.700
0+760	363172.162	363172.138	363172.142	363172.155	363172.162	1815860.759
0+780	363156.194	363156.170	363156.167	363156.191	363156.175	1815780.897
0+800	363140.227	363140.210	363140.208	363140.224	363140.224	1815701.093
0+820	363124.246	363124.218	363124.235	363124.242	363124.237	1815621.178
0+840	363108.274	363108.254	363108.248	363108.260	363108.268	1815541.304
0+860	363092.229	363092.208	363092.215	363092.210	363092.226	1815461.088
0+880	363075.397	363075.385	363075.391	363075.387	363075.407	1815376.967
0+900	363056.712	363056.688	363056.692	363056.695	363056.705	1815283.492
0+920	363037.008	363036.983	363036.987	363036.990	363037.002	1815184.970
0+940	363017.057	363017.032	363017.035	363017.039	363017.053	1815085.216
0+960	362997.689	362997.669	362997.667	362997.669	362997.675	1814988.369
0+980	362979.404	362979.377	362979.381	362979.382	362979.394	1814896.938
0+1000	362963.006	362962.998	362962.995	362962.991	362963.015	1814815.005
0+1020	362950.091	362950.078	362950.084	362950.087	362950.075	1814750.415
0+1040	362940.570	362940.560	362940.570	362940.569	362940.564	1814702.833
0+1060	362932.772	362932.765	362932.777	362932.781	362932.776	1814663.871
0+1080	362925.186	362925.163	362925.197	362925.169	362925.180	1814625.895
0+1100	362917.582	362917.570	362917.582	362917.579	362917.594	1814587.907
0+1120	362909.974	362909.971	362909.973	362909.975	362909.977	1814549.870
0+1140	362902.390	362902.389	362902.394	362902.400	362902.383	1814511.956
0+1160	362894.801	362894.786	362894.775	362894.797	362894.780	1814473.939
0+1167.89	362891.804	362891.777	362891.794	362891.787	362891.781	1814458.943
VARIANZA	18190.905	18189.907	18189.603	18189.982	18190.443	
SUMATORIA DE VARIANZAS	90950.839					
VARIANZA DE LA SUMA DE LOS ÍTEMS	454754.196					
$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$				K:	60.00	
				$\sum_{i=1}^k S_i^2:$	90950.839	
				$S_T^2:$	454754.196	
				$\alpha:$	0.906	

FUENTE: Elaboración propia

3.9.2. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=3 (NORTE)

Tabla 41: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial

r=3.00 (norte).

PREGRESIVAS	RESOLUCION ESPACIAL R=3.00 COORDENADAS NORTE					SUMA
	CANTIDAD DE PUNTOS DE CONTROL					
	5	6	7	8	9	
0+000	8900324.309	8900324.306	8900324.313	8900324.318	8900324.306	44501621.552
0+020	8900322.685	8900322.676	8900322.672	8900322.692	8900322.668	44501613.393
0+040	8900320.980	8900320.966	8900320.971	8900320.981	8900320.963	44501604.861
0+060	8900319.273	8900319.257	8900319.244	8900319.262	8900319.253	44501596.289
0+080	8900317.583	8900317.596	8900317.594	8900317.594	8900317.583	44501587.950
0+100	8900315.374	8900315.365	8900315.363	8900315.361	8900315.360	44501576.823
0+120	8900308.732	8900308.714	8900308.719	8900308.700	8900308.697	44501543.562
0+140	8900296.114	8900296.084	8900296.094	8900296.075	8900296.087	44501480.454
0+160	8900282.567	8900282.532	8900282.522	8900282.547	8900282.533	44501412.701
0+180	8900268.535	8900268.536	8900268.506	8900268.535	8900268.522	44501342.634
0+200	8900254.564	8900254.548	8900254.544	8900254.538	8900254.542	44501272.736
0+220	8900240.753	8900240.739	8900240.727	8900240.716	8900240.727	44501203.662
0+240	8900227.771	8900227.749	8900227.747	8900227.750	8900227.750	44501138.767
0+260	8900214.953	8900214.931	8900214.921	8900214.928	8900214.943	44501074.676
0+280	8900202.150	8900202.137	8900202.141	8900202.139	8900202.149	44501010.716
0+300	8900189.780	8900189.765	8900189.757	8900189.765	8900189.768	44500948.835
0+320	8900179.762	8900179.752	8900179.758	8900179.751	8900179.749	44500898.772
0+340	8900170.224	8900170.221	8900170.192	8900170.202	8900170.204	44500851.043
0+360	8900160.479	8900160.495	8900160.491	8900160.483	8900160.512	44500802.460
0+380	8900150.774	8900150.751	8900150.760	8900150.752	8900150.769	44500753.806
0+400	8900141.034	8900141.025	8900141.021	8900141.022	8900141.027	44500705.129
0+420	8900131.275	8900131.289	8900131.269	8900131.278	8900131.309	44500656.420
0+440	8900120.469	8900120.464	8900120.445	8900120.448	8900120.466	44500602.292
0+460	8900108.019	8900108.013	8900108.003	8900108.000	8900108.028	44500540.063
0+480	8900093.701	8900093.688	8900093.688	8900093.694	8900093.704	44500468.475
0+500	8900078.046	8900078.013	8900078.007	8900078.019	8900078.022	44500390.107
0+520	8900061.413	8900061.371	8900061.382	8900061.396	8900061.389	44500306.951
0+540	8900044.142	8900044.120	8900044.114	8900044.116	8900044.124	44500220.616
0+560	8900026.668	8900026.651	8900026.615	8900026.627	8900026.641	44500133.202
0+580	8900008.371	8900008.335	8900008.326	8900008.339	8900008.349	44500041.720

0+600	8899989.508	8899989.491	8899989.480	8899989.481	8899989.499	44499947.459
0+620	8899971.878	8899971.859	8899971.840	8899971.844	8899971.864	44499859.285
0+640	8899956.846	8899956.812	8899956.801	8899956.830	8899956.833	44499784.122
0+660	8899937.893	8899937.874	8899937.867	8899937.878	8899937.883	44499689.395
0+680	8899918.196	8899918.170	8899918.165	8899918.174	8899918.183	44499590.888
0+700	8899899.965	8899899.949	8899899.944	8899899.960	8899899.957	44499499.775
0+720	8899885.599	8899885.570	8899885.565	8899885.574	8899885.584	44499427.892
0+740	8899872.937	8899872.916	8899872.893	8899872.923	8899872.915	44499364.584
0+760	8899860.918	8899860.900	8899860.889	8899860.902	8899860.899	44499304.508
0+780	8899848.875	8899848.858	8899848.855	8899848.854	8899848.882	44499244.324
0+800	8899836.832	8899836.805	8899836.800	8899836.812	8899836.818	44499184.067
0+820	8899824.806	8899824.794	8899824.765	8899824.789	8899824.800	44499123.954
0+840	8899812.769	8899812.746	8899812.748	8899812.768	8899812.759	44499063.790
0+860	8899800.830	8899800.808	8899800.793	8899800.835	8899800.816	44499004.082
0+880	8899790.072	8899790.036	8899790.023	8899790.064	8899790.035	44498950.230
0+900	8899783.041	8899783.038	8899783.025	8899783.051	8899783.041	44498915.196
0+920	8899779.839	8899779.858	8899779.836	8899779.853	8899779.854	44498899.240
0+940	8899780.676	8899780.688	8899780.650	8899780.672	8899780.692	44498903.378
0+960	8899785.539	8899785.561	8899785.523	8899785.529	8899785.517	44498927.669
0+980	8899793.603	8899793.604	8899793.583	8899793.585	8899793.587	44498967.962
0+1000	8899804.930	8899804.956	8899804.932	8899804.923	8899804.938	44499024.679
0+1020	8899820.169	8899820.191	8899820.175	8899820.171	8899820.156	44499100.862
0+1040	8899837.722	8899837.743	8899837.730	8899837.724	8899837.716	44499188.635
0+1060	8899856.137	8899856.160	8899856.147	8899856.142	8899856.135	44499280.721
0+1080	8899874.642	8899874.659	8899874.654	8899874.636	8899874.636	44499373.227
0+1100	8899893.140	8899893.161	8899893.147	8899893.139	8899893.140	44499465.727
0+1120	8899911.636	8899911.662	8899911.642	8899911.637	8899911.632	44499558.209
0+1140	8899930.142	8899930.169	8899930.150	8899930.146	8899930.135	44499650.742
0+1160	8899948.647	8899948.667	8899948.641	8899948.644	8899948.633	44499743.232
0+1167.89	8899955.928	8899955.942	8899955.950	8899955.938	8899955.957	44499779.715
VARIANZA	34165.752	34164.008	34165.913	34164.709	34164.738	
SUMATORIA DE VARIANZAS	170825.120					
VARIANZA DE LA SUMA DE LOS ÍTEMS	854125.598					
$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$				K:	60.00	
				$\sum_{i=1}^k S_i^2:$	170825.120	
				$S_T^2:$	854125.598	
				α:	0.902	

FUENTE: Elaboración propia

3.9.3. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=3

(ELEVACION)

Tabla 42 Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial r=3.00 (elevación).

PREGRESIVAS	RESOLUCION ESPACIAL R=3.00 COORDENADAS ELEVACION					SUMA
	CANTIDAD DE PUNTOS DE CONTROL					
	5	6	7	8	9	
0+000	1940.110	1940.804	1940.561	1940.081	1940.208	9701.764
0+020	1939.379	1939.385	1939.369	1939.360	1939.353	9696.846
0+040	1938.829	1938.826	1938.832	1938.835	1938.848	9694.170
0+060	1938.372	1938.413	1938.391	1938.410	1938.371	9691.957
0+080	1938.154	1938.162	1938.136	1938.145	1938.167	9690.764
0+100	1937.917	1937.926	1937.887	1937.904	1937.907	9689.541
0+120	1937.812	1937.804	1937.798	1937.813	1937.789	9689.016
0+140	1937.719	1937.706	1937.743	1937.751	1937.733	9688.652
0+160	1937.634	1937.601	1937.600	1937.637	1937.648	9688.120
0+180	1937.482	1937.448	1937.475	1937.519	1937.471	9687.395
0+200	1937.268	1937.273	1937.259	1937.270	1937.278	9686.348
0+220	1937.140	1937.137	1937.112	1937.125	1937.125	9685.639
0+240	1936.999	1937.003	1936.980	1936.999	1937.017	9684.998
0+260	1936.789	1936.790	1936.781	1936.788	1936.794	9683.942
0+280	1936.583	1936.596	1936.585	1936.604	1936.589	9682.957
0+300	1936.341	1936.350	1936.333	1936.344	1936.349	9681.717
0+320	1936.258	1936.260	1936.249	1936.223	1936.265	9681.255
0+340	1936.140	1936.126	1936.073	1936.071	1936.066	9680.476
0+360	1935.987	1936.015	1935.967	1936.034	1935.997	9680.000
0+380	1935.956	1935.970	1935.966	1935.989	1935.993	9679.874
0+400	1935.946	1935.945	1935.945	1935.937	1935.959	9679.732
0+420	1936.145	1936.147	1936.125	1936.128	1936.139	9680.684
0+440	1936.398	1936.334	1936.316	1936.318	1936.351	9681.717
0+460	1936.699	1936.696	1936.692	1936.691	1936.707	9683.485
0+480	1937.026	1937.014	1937.025	1937.051	1937.027	9685.143
0+500	1937.328	1937.322	1937.312	1937.336	1937.317	9686.615
0+520	1937.720	1937.687	1937.664	1937.676	1937.681	9688.428
0+540	1938.036	1938.014	1938.005	1938.012	1938.016	9690.083
0+560	1938.316	1938.332	1938.327	1938.319	1938.326	9691.620
0+580	1938.440	1938.442	1938.415	1938.431	1938.447	9692.175

0+600	1938.529	1938.535	1938.519	1938.524	1938.538	9692.645
0+620	1938.618	1938.616	1938.603	1938.611	1938.619	9693.067
0+640	1938.674	1938.677	1938.671	1938.672	1938.690	9693.384
0+660	1939.010	1939.014	1939.003	1939.010	1939.022	9695.059
0+680	1939.571	1939.564	1939.548	1939.559	1939.584	9697.826
0+700	1939.914	1939.923	1939.918	1939.929	1939.935	9699.619
0+720	1940.304	1940.320	1940.299	1940.317	1940.316	9701.556
0+740	1940.851	1940.858	1940.869	1940.894	1940.891	9704.363
0+760	1941.034	1941.053	1941.041	1941.050	1941.044	9705.222
0+780	1941.684	1941.690	1941.696	1941.721	1941.707	9708.498
0+800	1941.824	1941.845	1941.865	1941.878	1941.839	9709.251
0+820	1942.257	1942.265	1942.272	1942.287	1942.247	9711.328
0+840	1942.568	1942.573	1942.583	1942.595	1942.607	9712.926
0+860	1943.016	1943.004	1943.029	1943.029	1943.024	9715.102
0+880	1943.400	1943.398	1943.414	1943.429	1943.427	9717.068
0+900	1943.808	1943.813	1943.823	1943.833	1943.845	9719.122
0+920	1944.189	1944.181	1944.200	1944.218	1944.213	9721.001
0+940	1944.533	1944.529	1944.531	1944.537	1944.555	9722.685
0+960	1944.779	1944.798	1944.798	1944.785	1944.791	9723.951
0+980	1944.946	1944.960	1944.959	1944.951	1944.967	9724.783
0+1000	1944.884	1944.843	1944.908	1944.883	1944.897	9724.415
0+1020	1944.729	1944.723	1944.707	1944.741	1944.721	9723.621
0+1040	1944.425	1944.435	1944.435	1944.449	1944.444	9722.188
0+1060	1944.192	1944.193	1944.185	1944.189	1944.190	9720.949
0+1080	1943.891	1943.893	1943.899	1943.897	1943.893	9719.473
0+1100	1943.683	1943.676	1943.660	1943.674	1943.699	9718.392
0+1120	1943.436	1943.436	1943.430	1943.437	1943.458	9717.197
0+1140	1943.292	1943.284	1943.274	1943.284	1943.289	9716.423
0+1160	1943.079	1943.065	1943.080	1943.061	1943.091	9715.376
0+1167.89	1943.059	1943.056	1943.057	1943.057	1943.069	9715.298
VARIANZA	9.017	9.036	9.083	9.057	9.062	
SUMATORIA DE VARIANZAS	45.255					
VARIANZA DE LA SUMA DE LOS ÍTEMS	226.238					
$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$				K:	60.00	
				$\sum_{i=1}^K S_i^2:$	45.255	
				$S_T^2:$	226.238	
				α:	0.901	

FUENTE: Elaboración propia

3.9.4. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=3.5 (ESTE)

Tabla 43: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial r=3.50 (este).

PREGRESIVAS	RESOLUCION ESPACIAL R=3.50 COORDENADAS ESTE					SUMA
	CANTIDAD DE PUNTOS DE CONTROL					
	5	6	7	8	9	
0+000	362739.024	362739.021	362739.020	362739.020	362739.019	1813695.104
0+020	362758.957	362758.954	362758.910	362758.952	362758.953	1813794.726
0+040	362778.884	362778.881	362778.879	362778.879	362778.882	1813894.405
0+060	362798.811	362798.808	362798.805	362798.806	362798.808	1813994.038
0+080	362818.740	362818.739	362818.738	362818.739	362818.735	1814093.691
0+100	362838.605	362838.602	362838.603	362838.601	362838.603	1814193.014
0+120	362857.319	362857.309	362857.308	362857.292	362857.316	1814286.544
0+140	362872.842	362872.830	362872.832	362872.844	362872.846	1814364.194
0+160	362887.523	362887.515	362887.519	362887.536	362887.520	1814437.613
0+180	362901.820	362901.816	362901.820	362901.824	362901.815	1814509.095
0+200	362916.084	362916.086	362916.079	362916.092	362916.084	1814580.425
0+220	362930.548	362930.531	362930.564	362930.558	362930.539	1814652.740
0+240	362945.788	362945.776	362945.769	362945.776	362945.767	1814728.876
0+260	362961.136	362961.130	362961.123	362961.122	362961.123	1814805.634
0+280	362976.490	362976.482	362976.483	362976.499	362976.480	1814882.434
0+300	362992.196	362992.196	362992.201	362992.205	362992.192	1814960.990
0+320	363009.495	363009.497	363009.499	363009.501	363009.486	1815047.478
0+340	363027.073	363027.071	363027.075	363027.067	363027.064	1815135.350
0+360	363044.553	363044.552	363044.553	363044.549	363044.545	1815222.752
0+380	363062.025	363062.006	363062.014	363062.019	363062.014	1815310.078
0+400	363079.491	363079.501	363079.486	363079.497	363079.488	1815397.463
0+420	363096.965	363096.959	363096.967	363096.970	363096.946	1815484.807
0+440	363113.768	363113.772	363113.789	363113.775	363113.758	1815568.862
0+460	363129.433	363129.432	363129.424	363129.420	363129.422	1815647.131
0+480	363143.372	363143.347	363143.362	363143.358	363143.371	1815716.810
0+500	363155.764	363155.769	363155.776	363155.773	363155.768	1815778.850
0+520	363166.887	363166.890	363166.870	363166.877	363166.877	1815834.401
0+540	363176.988	363176.985	363176.972	363176.967	363176.957	1815884.869
0+560	363186.681	363186.661	363186.689	363186.678	363186.654	1815933.363
0+580	363194.681	363194.659	363194.637	363194.665	363194.642	1815973.284
0+600	363201.350	363201.373	363201.343	363201.346	363201.350	1816006.762

0+620	363210.637	363210.618	363210.619	363210.603	363210.601	1816053.078
0+640	363223.824	363223.795	363223.814	363223.800	363223.822	1816119.055
0+660	363228.515	363228.531	363228.510	363228.514	363228.531	1816142.601
0+680	363225.456	363225.465	363225.456	363225.489	363225.466	1816127.332
0+700	363217.339	363217.353	363217.338	363217.322	363217.349	1816086.701
0+720	363203.600	363203.600	363203.592	363203.599	363203.623	1816018.014
0+740	363188.129	363188.143	363188.125	363188.140	363188.153	1815940.690
0+760	363172.139	363172.151	363172.142	363172.153	363172.173	1815860.758
0+780	363156.176	363156.202	363156.179	363156.198	363156.209	1815780.964
0+800	363140.224	363140.224	363140.226	363140.219	363140.245	1815701.138
0+820	363124.227	363124.247	363124.230	363124.233	363124.248	1815621.185
0+840	363108.250	363108.259	363108.239	363108.261	363108.274	1815541.283
0+860	363092.202	363092.224	363092.203	363092.205	363092.235	1815461.069
0+880	363075.399	363075.416	363075.396	363075.399	363075.413	1815377.023
0+900	363056.698	363056.718	363056.694	363056.699	363056.720	1815283.529
0+920	363036.990	363037.012	363036.991	363036.995	363037.018	1815185.006
0+940	363017.037	363017.061	363017.040	363017.042	363017.066	1815085.246
0+960	362997.677	362997.685	362997.670	362997.684	362997.693	1814988.409
0+980	362979.381	362979.384	362979.381	362979.384	362979.416	1814896.946
0+1000	362962.997	362963.018	362962.992	362962.992	362963.016	1814815.015
0+1020	362950.102	362950.119	362950.094	362950.090	362950.097	1814750.502
0+1040	362940.583	362940.633	362940.610	362940.590	362940.606	1814703.022
0+1060	362932.804	362932.817	362932.787	362932.800	362932.797	1814664.005
0+1080	362925.194	362925.182	362925.189	362925.182	362925.211	1814625.958
0+1100	362917.564	362917.596	362917.577	362917.589	362917.578	1814587.904
0+1120	362909.971	362909.989	362909.961	362909.969	362909.980	1814549.870
0+1140	362902.384	362902.380	362902.389	362902.380	362902.389	1814511.922
0+1160	362894.785	362894.788	362894.789	362894.802	362894.813	1814473.977
0+1167.89	362891.788	362891.771	362891.764	362891.777	362891.776	1814458.876
VARIANZA	18190.037	18190.302	18190.204	18189.919	18190.238	
SUMATORIA DE VARIANZAS	90950.700					
VARIANZA DE LA SUMA DE LOS ÍTEMS	454753.499					
$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$				K:	60.00	
				$\sum_{i=1}^k S_i^2:$	90950.700	
				$S_T^2:$	454753.499	
				$\alpha:$	0.814	

FUENTE: Elaboración propia

3.9.5. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=3.5 (NORTE)

Tabla 44: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial r=3.50 (norte).

PREGRESIVAS	RESOLUCION ESPACIAL R=3.50 COORDENADAS NORTE					SUMA
	CANTIDAD DE PUNTOS DE CONTROL					
	5	6	7	8	9	
0+000	8900324.310	8900324.307	8900324.308	8900324.306	8900324.282	44501621.513
0+020	8900322.679	8900322.682	8900322.676	8900322.657	8900322.660	44501613.354
0+040	8900320.973	8900320.974	8900320.957	8900320.954	8900320.977	44501604.835
0+060	8900319.264	8900319.266	8900319.237	8900319.249	8900319.262	44501596.278
0+080	8900317.589	8900317.602	8900317.603	8900317.609	8900317.555	44501587.958
0+100	8900315.349	8900315.352	8900315.349	8900315.340	8900315.347	44501576.737
0+120	8900308.703	8900308.697	8900308.686	8900308.660	8900308.696	44501543.442
0+140	8900296.108	8900296.103	8900296.092	8900296.106	8900296.110	44501480.519
0+160	8900282.529	8900282.530	8900282.523	8900282.541	8900282.526	44501412.649
0+180	8900268.544	8900268.548	8900268.541	8900268.546	8900268.540	44501342.719
0+200	8900254.525	8900254.536	8900254.517	8900254.532	8900254.526	44501272.636
0+220	8900240.719	8900240.708	8900240.733	8900240.727	8900240.710	44501203.597
0+240	8900227.767	8900227.764	8900227.741	8900227.750	8900227.746	44501138.768
0+260	8900214.945	8900214.948	8900214.926	8900214.924	8900214.932	44501074.675
0+280	8900202.129	8900202.131	8900202.117	8900202.136	8900202.121	44501010.634
0+300	8900189.762	8900189.775	8900189.769	8900189.771	8900189.761	44500948.838
0+320	8900179.743	8900179.759	8900179.745	8900179.746	8900179.729	44500898.722
0+340	8900170.202	8900170.213	8900170.200	8900170.184	8900170.190	44500850.989
0+360	8900160.486	8900160.496	8900160.479	8900160.469	8900160.475	44500802.405
0+380	8900150.753	8900150.733	8900150.727	8900150.732	8900150.737	44500753.682
0+400	8900141.009	8900141.042	8900140.994	8900141.010	8900141.009	44500705.064
0+420	8900131.279	8900131.284	8900131.277	8900131.279	8900131.252	44500656.371
0+440	8900120.452	8900120.471	8900120.476	8900120.453	8900120.446	44500602.298
0+460	8900108.033	8900108.046	8900108.020	8900108.010	8900108.029	44500540.138
0+480	8900093.707	8900093.703	8900093.695	8900093.686	8900093.715	44500468.506
0+500	8900078.014	8900078.033	8900078.018	8900078.011	8900078.024	44500390.100
0+520	8900061.395	8900061.414	8900061.382	8900061.382	8900061.398	44500306.971
0+540	8900044.135	8900044.151	8900044.122	8900044.116	8900044.125	44500220.649
0+560	8900026.641	8900026.648	8900026.641	8900026.633	8900026.641	44500133.204

0+580	8900008.342	8900008.347	8900008.317	8900008.329	8900008.340	44500041.675
0+600	8899989.489	8899989.510	8899989.478	8899989.481	8899989.503	44499947.461
0+620	8899971.858	8899971.858	8899971.838	8899971.830	8899971.853	44499859.237
0+640	8899956.836	8899956.827	8899956.827	8899956.815	8899956.859	44499784.164
0+660	8899937.881	8899937.891	8899937.877	8899937.885	8899937.904	44499689.438
0+680	8899918.177	8899918.190	8899918.178	8899918.178	8899918.204	44499590.927
0+700	8899899.969	8899899.969	8899899.964	8899899.984	8899899.991	44499499.877
0+720	8899885.585	8899885.612	8899885.597	8899885.603	8899885.611	44499428.008
0+740	8899872.917	8899872.927	8899872.924	8899872.919	8899872.941	44499364.628
0+760	8899860.905	8899860.917	8899860.903	8899860.902	8899860.913	44499304.540
0+780	8899848.857	8899848.849	8899848.854	8899848.842	8899848.868	44499244.270
0+800	8899836.792	8899836.821	8899836.792	8899836.815	8899836.821	44499184.041
0+820	8899824.789	8899824.789	8899824.787	8899824.796	8899824.817	44499123.978
0+840	8899812.759	8899812.774	8899812.775	8899812.759	8899812.784	44499063.851
0+860	8899800.823	8899800.821	8899800.823	8899800.835	8899800.837	44499004.139
0+880	8899790.018	8899790.026	8899790.029	8899790.043	8899790.064	44498950.180
0+900	8899783.016	8899783.020	8899783.036	8899783.040	8899783.051	444988915.163
0+920	8899779.826	8899779.833	8899779.834	8899779.853	8899779.835	44498899.181
0+940	8899780.671	8899780.689	8899780.659	8899780.668	8899780.651	44498903.338
0+960	8899785.560	8899785.513	8899785.518	8899785.560	8899785.504	44498927.655
0+980	8899793.585	8899793.545	8899793.568	8899793.580	8899793.579	44498967.857
0+1000	8899804.927	8899804.915	8899804.909	8899804.913	8899804.895	44499024.559
0+1020	8899820.181	8899820.165	8899820.162	8899820.166	8899820.130	44499100.804
0+1040	8899837.734	8899837.732	8899837.733	8899837.729	8899837.700	44499188.628
0+1060	8899856.158	8899856.139	8899856.138	8899856.147	8899856.111	44499280.693
0+1080	8899874.654	8899874.624	8899874.638	8899874.639	8899874.616	44499373.171
0+1100	8899893.141	8899893.130	8899893.133	8899893.142	8899893.102	44499465.648
0+1120	8899911.643	8899911.626	8899911.626	8899911.633	8899911.602	44499558.130
0+1140	8899930.148	8899930.122	8899930.137	8899930.137	8899930.106	44499650.650
0+1160	8899948.648	8899948.625	8899948.636	8899948.646	8899948.615	44499743.170
0+1167.89	8899955.942	8899955.934	8899955.937	8899955.940	8899955.936	44499779.689
VARIANZA	34164.987	34166.153	34164.685	34163.494	34163.901	
SUMATORIA DE VARIANZAS	170823.221					
VARIANZA DE LA SUMA DE LOS ÍTEMS	854116.100					
$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$				K:	60.00	
				$\sum_{i=1}^k S_i^2:$	170823.221	
				$S_T^2:$	854116.100	
				α:	0.814	

FUENTE: Elaboración propia

3.9.6. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=3.5 (ELEVACION)

Tabla 45: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial r=3.50 (elevación).

PREGRESIVAS	RESOLUCION ESPACIAL R=3.00 COORDENADAS ELEVACION					SUMA
	CANTIDAD DE PUNTOS DE CONTROL					
	5	6	7	8	9	
0+000	1941.720	1940.889	1940.992	1940.933	1940.050	9704.584
0+020	1939.446	1939.421	1939.432	1939.414	1939.411	9697.124
0+040	1938.909	1938.882	1938.889	1938.864	1938.866	9694.410
0+060	1938.442	1938.458	1938.411	1938.413	1938.421	9692.145
0+080	1938.242	1938.140	1938.144	1938.110	1938.118	9690.754
0+100	1937.948	1937.926	1937.908	1937.894	1937.884	9689.560
0+120	1937.806	1937.825	1937.809	1937.796	1937.822	9689.058
0+140	1937.748	1937.760	1937.788	1937.765	1937.798	9688.859
0+160	1937.668	1937.649	1937.647	1937.627	1937.634	9688.225
0+180	1937.485	1937.448	1937.474	1937.395	1937.452	9687.254
0+200	1937.296	1937.287	1937.295	1937.255	1937.280	9686.413
0+220	1937.109	1937.070	1937.104	1937.083	1937.099	9685.465
0+240	1936.968	1936.966	1936.929	1936.940	1936.954	9684.757
0+260	1936.795	1936.778	1936.771	1936.776	1936.771	9683.891
0+280	1936.614	1936.618	1936.609	1936.618	1936.619	9683.078
0+300	1936.372	1936.384	1936.363	1936.365	1936.373	9681.857
0+320	1936.262	1936.265	1936.252	1936.257	1936.264	9681.300
0+340	1936.088	1936.101	1936.106	1936.094	1936.120	9680.509
0+360	1936.029	1936.046	1936.025	1936.016	1936.050	9680.166
0+380	1936.015	1936.043	1936.037	1936.024	1936.048	9680.167
0+400	1935.987	1935.998	1936.002	1935.980	1936.002	9679.969
0+420	1936.173	1936.195	1936.188	1936.165	1936.177	9680.898
0+440	1936.399	1936.429	1936.419	1936.400	1936.422	9682.069
0+460	1936.686	1936.727	1936.708	1936.698	1936.733	9683.552
0+480	1937.075	1937.067	1937.030	1937.084	1937.093	9685.349
0+500	1937.387	1937.352	1937.351	1937.366	1937.380	9686.836
0+520	1937.712	1937.691	1937.746	1937.703	1937.774	9688.626
0+540	1938.044	1938.038	1938.042	1938.037	1938.046	9690.207
0+560	1938.306	1938.311	1938.300	1938.285	1938.305	9691.507
0+580	1938.461	1938.462	1938.434	1938.441	1938.447	9692.245

0+600	1938.576	1938.584	1938.564	1938.556	1938.571	9692.851
0+620	1938.652	1938.649	1938.624	1938.638	1938.641	9693.204
0+640	1938.699	1938.688	1938.664	1938.678	1938.687	9693.416
0+660	1939.092	1939.078	1939.057	1939.079	1939.073	9695.379
0+680	1939.589	1939.572	1939.553	1939.603	1939.575	9697.892
0+700	1939.924	1939.993	1939.986	1940.002	1939.985	9699.890
0+720	1940.359	1940.317	1940.341	1940.343	1940.356	9701.716
0+740	1940.872	1940.893	1940.904	1940.937	1940.864	9704.470
0+760	1941.076	1941.051	1941.068	1941.080	1941.045	9705.320
0+780	1941.716	1941.694	1941.678	1941.722	1941.715	9708.525
0+800	1941.835	1941.788	1941.797	1941.827	1941.823	9709.070
0+820	1942.276	1942.213	1942.235	1942.258	1942.288	9711.270
0+840	1942.638	1942.549	1942.556	1942.644	1942.591	9712.978
0+860	1942.993	1942.950	1942.964	1943.001	1942.988	9714.896
0+880	1943.401	1943.369	1943.374	1943.403	1943.388	9716.935
0+900	1943.823	1943.802	1943.792	1943.834	1943.822	9719.073
0+920	1944.198	1944.163	1944.181	1944.203	1944.237	9720.982
0+940	1944.549	1944.608	1944.533	1944.583	1944.563	9722.836
0+960	1944.828	1944.828	1944.747	1944.823	1944.841	9724.067
0+980	1944.952	1944.960	1944.933	1944.962	1944.954	9724.761
0+1000	1944.859	1944.881	1944.847	1944.888	1944.894	9724.369
0+1020	1944.758	1944.728	1944.735	1944.748	1944.752	9723.721
0+1040	1944.475	1944.473	1944.465	1944.487	1944.485	9722.385
0+1060	1944.174	1944.186	1944.186	1944.200	1944.200	9720.946
0+1080	1943.869	1943.883	1943.867	1943.894	1943.887	9719.400
0+1100	1943.667	1943.695	1943.695	1943.708	1943.703	9718.468
0+1120	1943.438	1943.434	1943.456	1943.459	1943.462	9717.249
0+1140	1943.299	1943.314	1943.317	1943.321	1943.341	9716.592
0+1160	1943.062	1943.081	1943.090	1943.085	1943.087	9715.405
0+1167.89	1943.056	1943.074	1943.082	1943.086	1943.086	9715.384
VARIANZA	9.041	8.991	8.986	9.086	9.016	
SUMATORIA DE VARIANZAS	45.121					
VARIANZA DE LA SUMA DE LOS ÍTEMS	225.484					
$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$				K:	60.00	
				$\sum_{i=1}^K S_i^2:$	45.121	
				$S_T^2:$	225.484	
				$\alpha:$	0.813	

FUENTE: Elaboración propia

3.9.7. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=4.0 (ESTE)

Tabla 46: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial r=4.00 (este).

PREGRESIVAS	RESOLUCION ESPACIAL R=4.00 COORDENADAS ESTE					SUMA
	CANTIDAD DE PUNTOS DE CONTROL					
	5	6	7	8	9	
0+000	362739.016	362739.020	362739.016	362739.022	362739.020	1813695.094
0+020	362758.952	362758.953	362758.948	362758.954	362758.953	1813794.760
0+040	362778.875	362778.879	362778.877	362778.882	362778.880	1813894.393
0+060	362798.801	362798.808	362798.804	362798.809	362798.808	1813994.030
0+080	362818.730	362818.736	362818.732	362818.737	362818.736	1814093.671
0+100	362838.594	362838.598	362838.601	362838.600	362838.594	1814192.987
0+120	362857.299	362857.314	362857.325	362857.309	362857.326	1814286.573
0+140	362872.844	362872.848	362872.835	362872.843	362872.833	1814364.203
0+160	362887.510	362887.527	362887.523	362887.552	362887.540	1814437.652
0+180	362901.822	362901.835	362901.825	362901.833	362901.818	1814509.133
0+200	362916.112	362916.108	362916.103	362916.127	362916.122	1814580.572
0+220	362930.566	362930.698	362930.588	362930.562	362930.539	1814652.953
0+240	362945.801	362945.774	362945.795	362945.810	362945.762	1814728.942
0+260	362961.150	362961.145	362961.142	362961.118	362961.128	1814805.683
0+280	362976.527	362976.557	362976.539	362976.530	362976.522	1814882.675
0+300	362992.193	362992.288	362992.210	362992.206	362992.207	1814961.104
0+320	363009.535	363009.562	363009.514	363009.508	363009.522	1815047.641
0+340	363027.080	363027.112	363027.100	363027.094	363027.091	1815135.477
0+360	363044.573	363044.602	363044.571	363044.581	363044.562	1815222.889
0+380	363062.039	363062.066	363062.030	363062.042	363062.042	1815310.219
0+400	363079.506	363079.545	363079.497	363079.508	363079.503	1815397.559
0+420	363096.932	363096.983	363096.980	363096.963	363096.981	1815484.839
0+440	363113.766	363113.762	363113.768	363113.769	363113.778	1815568.843
0+460	363129.399	363129.427	363129.422	363129.415	363129.396	1815647.059
0+480	363143.361	363143.378	363143.344	363143.337	363143.360	1815716.780
0+500	363155.810	363155.806	363155.795	363155.773	363155.762	1815778.946
0+520	363166.865	363166.847	363166.867	363166.885	363166.885	1815834.349
0+540	363177.014	363176.972	363177.010	363177.001	363176.962	1815884.959
0+560	363186.708	363186.720	363186.680	363186.693	363186.691	1815933.492
0+580	363194.714	363194.698	363194.714	363194.690	363194.695	1815973.511

0+600	363201.445	363201.392	363201.363	363201.345	363201.366	1816006.911
0+620	363210.688	363210.710	363210.645	363210.625	363210.644	1816053.312
0+640	363223.836	363223.825	363223.805	363223.797	363223.807	1816119.070
0+660	363228.502	363228.523	363228.536	363228.513	363228.513	1816142.587
0+680	363225.491	363225.439	363225.382	363225.464	363225.482	1816127.258
0+700	363217.303	363217.296	363217.316	363217.311	363217.364	1816086.590
0+720	363203.549	363203.443	363203.593	363203.573	363203.600	1816017.758
0+740	363188.092	363188.108	363188.123	363188.108	363188.147	1815940.578
0+760	363172.156	363172.119	363172.146	363172.156	363172.162	1815860.739
0+780	363156.111	363156.147	363156.174	363156.191	363156.186	1815780.809
0+800	363140.219	363140.159	363140.205	363140.216	363140.227	1815701.026
0+820	363124.210	363124.176	363124.235	363124.214	363124.215	1815621.050
0+840	363108.214	363108.169	363108.214	363108.219	363108.236	1815541.052
0+860	363092.132	363092.151	363092.159	363092.172	363092.197	1815460.811
0+880	363075.354	363075.294	363075.348	363075.357	363075.383	1815376.736
0+900	363056.644	363056.609	363056.662	363056.657	363056.697	1815283.269
0+920	363036.939	363036.912	363036.952	363036.950	363036.991	1815184.744
0+940	363016.990	363016.962	363017.014	363017.002	363017.043	1815085.011
0+960	362997.619	362997.608	362997.644	362997.630	362997.667	1814988.168
0+980	362979.349	362979.336	362979.359	362979.337	362979.384	1814896.765
0+1000	362962.962	362962.921	362962.969	362962.950	362962.983	1814814.785
0+1020	362950.034	362950.022	362950.048	362950.041	362950.071	1814750.216
0+1040	362940.565	362940.526	362940.552	362940.571	362940.595	1814702.809
0+1060	362932.770	362932.762	362932.760	362932.759	362932.772	1814663.823
0+1080	362925.145	362925.146	362925.124	362925.158	362925.161	1814625.734
0+1100	362917.547	362917.551	362917.554	362917.572	362917.574	1814587.798
0+1120	362909.931	362909.949	362909.929	362909.937	362909.965	1814549.711
0+1140	362902.319	362902.344	362902.333	362902.346	362902.378	1814511.720
0+1160	362894.713	362894.731	362894.744	362894.736	362894.758	1814473.682
0+1167.89	362891.745	362891.794	362891.780	362891.783	362891.766	1814458.868
VARIANZA	18191.984	18189.287	18190.676	18190.040	18191.025	
SUMATORIA DE VARIANZAS	90953.011					
VARIANZA DE LA SUMA DE LOS ÍTEMS	454765.045					
$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$				K:	60.00	
				$\sum_{i=1}^k S_i^2:$	90953.011	
				$S_T^2:$	454765.045	
				α:	0.714	

FUENTE: Elaboración propia

3.9.8. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=4.0 (ELEVACION)

Tabla 47: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial r=4.00 (elevación).

PREGRESIVAS	RESOLUCION ESPACIAL R=4.00 COORDENADAS NORTE					SUMA
	CANTIDAD DE PUNTOS DE CONTROL					
	5	6	7	8	9	
0+000	8900324.310	8900324.309	8900324.329	8900324.308	8900324.306	44501621.562
0+020	8900322.679	8900322.673	8900322.673	8900322.666	8900322.680	44501613.371
0+040	8900320.973	8900320.964	8900320.986	8900320.968	8900320.967	44501604.858
0+060	8900319.264	8900319.289	8900319.279	8900319.262	8900319.281	44501596.375
0+080	8900317.589	8900317.595	8900317.595	8900317.564	8900317.584	44501587.927
0+100	8900315.349	8900315.312	8900315.362	8900315.339	8900315.320	44501576.682
0+120	8900308.703	8900308.673	8900308.708	8900308.672	8900308.699	44501543.455
0+140	8900296.108	8900296.094	8900296.096	8900296.090	8900296.086	44501480.474
0+160	8900282.529	8900282.516	8900282.527	8900282.541	8900282.540	44501412.653
0+180	8900268.544	8900268.541	8900268.547	8900268.540	8900268.535	44501342.707
0+200	8900254.525	8900254.531	8900254.542	8900254.552	8900254.558	44501272.708
0+220	8900240.719	8900240.855	8900240.759	8900240.714	8900240.702	44501203.749
0+240	8900227.767	8900227.719	8900227.771	8900227.772	8900227.732	44501138.761
0+260	8900214.945	8900214.923	8900214.947	8900214.902	8900214.929	44501074.646
0+280	8900202.129	8900202.178	8900202.183	8900202.156	8900202.162	44501010.808
0+300	8900189.762	8900189.849	8900189.775	8900189.752	8900189.769	44500948.907
0+320	8900179.743	8900179.799	8900179.764	8900179.739	8900179.780	44500898.825
0+340	8900170.202	8900170.208	8900170.238	8900170.213	8900170.223	44500851.084
0+360	8900160.486	8900160.507	8900160.505	8900160.507	8900160.489	44500802.494
0+380	8900150.753	8900150.760	8900150.749	8900150.755	8900150.771	44500753.788
0+400	8900141.009	8900141.040	8900141.007	8900141.012	8900141.020	44500705.088
0+420	8900131.279	8900131.247	8900131.293	8900131.249	8900131.299	44500656.367
0+440	8900120.452	8900120.384	8900120.443	8900120.435	8900120.461	44500602.175
0+460	8900108.033	8900107.975	8900108.013	8900107.999	8900107.985	44500540.005
0+480	8900093.707	8900093.664	8900093.676	8900093.663	8900093.687	44500468.397
0+500	8900078.014	8900077.999	8900078.029	8900078.005	8900078.003	44500390.050
0+520	8900061.395	8900061.326	8900061.377	8900061.380	8900061.386	44500306.864
0+540	8900044.135	8900044.082	8900044.142	8900044.129	8900044.114	44500220.602
0+560	8900026.641	8900026.619	8900026.635	8900026.635	8900026.640	44500133.170

0+580	8900008.342	8900008.305	8900008.350	8900008.331	8900008.341	44500041.669
0+600	8899989.489	8899989.460	8899989.489	8899989.473	8899989.489	44499947.400
0+620	8899971.858	8899971.850	8899971.857	8899971.836	8899971.855	44499859.256
0+640	8899956.836	8899956.769	8899956.806	8899956.800	8899956.810	44499784.021
0+660	8899937.881	8899937.820	8899937.865	8899937.860	8899937.873	44499689.299
0+680	8899918.177	8899918.118	8899918.186	8899918.162	8899918.165	44499590.808
0+700	8899899.969	8899899.911	8899899.960	8899899.964	8899899.951	44499499.755
0+720	8899885.585	8899885.681	8899885.570	8899885.599	8899885.598	44499428.033
0+740	8899872.917	8899872.847	8899872.897	8899872.923	8899872.908	44499364.492
0+760	8899860.905	8899860.833	8899860.867	8899860.859	8899860.888	44499304.352
0+780	8899848.857	8899848.796	8899848.832	8899848.812	8899848.857	44499244.154
0+800	8899836.792	8899836.780	8899836.790	8899836.779	8899836.802	44499183.943
0+820	8899824.789	8899824.758	8899824.750	8899824.781	8899824.818	44499123.896
0+840	8899812.759	8899812.767	8899812.779	8899812.775	8899812.791	44499063.871
0+860	8899800.823	8899800.790	8899800.853	8899800.839	8899800.843	44499004.148
0+880	8899790.018	8899790.079	8899790.059	8899790.054	8899790.061	44498950.271
0+900	8899783.016	8899783.059	8899783.022	8899783.052	8899783.023	444988915.172
0+920	8899779.826	8899779.851	8899779.883	8899779.882	8899779.843	44498899.285
0+940	8899780.671	8899780.727	8899780.808	8899780.739	8899780.725	44498903.670
0+960	8899785.560	8899785.635	8899785.636	8899785.589	8899785.549	44498927.969
0+980	8899793.585	8899793.716	8899793.687	8899793.635	8899793.619	44498968.242
0+1000	8899804.927	8899805.010	8899805.015	8899804.978	8899804.943	44499024.873
0+1020	8899820.181	8899820.259	8899820.249	8899820.221	8899820.186	44499101.096
0+1040	8899837.734	8899837.822	8899837.819	8899837.799	8899837.762	44499188.936
0+1060	8899856.158	8899856.251	8899856.238	8899856.208	8899856.166	44499281.021
0+1080	8899874.654	8899874.744	8899874.722	8899874.707	8899874.662	44499373.489
0+1100	8899893.141	8899893.246	8899893.235	8899893.212	8899893.166	44499466.000
0+1120	8899911.643	8899911.745	8899911.724	8899911.698	8899911.662	44499558.472
0+1140	8899930.148	8899930.243	8899930.226	8899930.201	8899930.167	44499650.985
0+1160	8899948.648	8899948.737	8899948.730	8899948.696	8899948.659	44499743.470
0+1167.89	8899955.942	8899955.950	8899955.949	8899955.958	8899955.942	44499779.741
VARIANZA	34164.987	34160.101	34159.969	34159.721	34162.623	
SUMATORIA DE VARIANZAS	170807.401					
VARIANZA DE LA SUMA DE LOS ITEMS	854036.992					
$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$				K:	60.00	
				$\sum_{i=1}^k S_i^2:$	170807.401	
				$S_T^2:$	854036.992	
				α:	0.724	

FUENTE: Elaboración propia

3.9.9. RESULTADOS DE LA CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO R=4.0 (NORTE)

Tabla 48: Resultados de la confiabilidad del levantamiento aerofotogrametrico con resolución espacial r=4.00 (norte).

PREGRESIVAS	RESOLUCION ESPACIAL R=4.00 COORDENADAS ELEVACION					SUMA
	CANTIDAD DE PUNTOS DE CONTROL					
	5	6	7	8	9	
0+000	1940.227	1940.234	1940.788	1940.326	1940.810	9702.385
0+020	1939.312	1939.319	1939.386	1939.401	1939.341	9696.759
0+040	1938.847	1938.845	1938.842	1938.843	1938.861	9694.238
0+060	1938.402	1938.412	1938.397	1938.441	1938.406	9692.058
0+080	1938.219	1938.249	1938.237	1938.198	1938.244	9691.147
0+100	1937.964	1937.966	1937.976	1937.962	1937.982	9689.850
0+120	1937.891	1937.849	1937.846	1937.832	1937.905	9689.323
0+140	1937.764	1937.688	1937.792	1937.616	1937.804	9688.664
0+160	1937.703	1937.697	1937.708	1937.701	1937.690	9688.499
0+180	1937.523	1937.505	1937.494	1937.481	1937.494	9687.497
0+200	1937.267	1937.281	1937.277	1937.285	1937.269	9686.379
0+220	1937.162	1937.180	1937.153	1937.146	1937.148	9685.789
0+240	1936.985	1937.003	1936.974	1936.966	1936.986	9684.914
0+260	1936.921	1936.844	1936.839	1936.857	1936.880	9684.341
0+280	1936.624	1936.625	1936.601	1936.586	1936.605	9683.041
0+300	1936.380	1936.380	1936.367	1936.359	1936.366	9681.852
0+320	1936.346	1936.281	1936.273	1936.328	1936.332	9681.560
0+340	1936.121	1936.110	1936.105	1936.093	1936.098	9680.527
0+360	1936.091	1936.100	1936.114	1936.008	1936.077	9680.390
0+380	1936.073	1936.065	1936.047	1936.028	1936.037	9680.250
0+400	1936.043	1936.006	1936.028	1936.003	1936.002	9680.082
0+420	1936.183	1936.123	1936.165	1936.129	1936.125	9680.725
0+440	1936.491	1936.536	1936.485	1936.450	1936.459	9682.421
0+460	1936.756	1936.723	1936.755	1936.722	1936.720	9683.676
0+480	1937.169	1937.089	1937.155	1937.129	1937.087	9685.629
0+500	1937.398	1937.374	1937.383	1937.370	1937.366	9686.891
0+520	1937.780	1937.762	1937.778	1937.751	1937.765	9688.836
0+540	1938.045	1938.012	1938.044	1938.016	1938.010	9690.127
0+560	1938.386	1938.339	1938.373	1938.333	1938.360	9691.791

0+580	1938.527	1938.502	1938.535	1938.476	1938.480	9692.520
0+600	1938.582	1938.562	1938.560	1938.529	1938.549	9692.782
0+620	1938.673	1938.642	1938.681	1938.615	1938.646	9693.257
0+640	1938.745	1938.768	1938.782	1938.708	1938.707	9693.710
0+660	1939.123	1939.091	1939.120	1939.073	1939.095	9695.502
0+680	1939.649	1939.618	1939.615	1939.605	1939.606	9698.093
0+700	1939.970	1939.952	1939.969	1939.960	1939.946	9699.797
0+720	1940.211	1940.310	1940.335	1940.313	1940.277	9701.446
0+740	1940.944	1940.958	1940.935	1940.921	1940.932	9704.690
0+760	1941.138	1941.096	1941.120	1941.113	1941.108	9705.575
0+780	1941.138	1941.805	1941.824	1941.806	1941.759	9708.332
0+800	1942.002	1941.919	1942.040	1942.034	1942.010	9710.005
0+820	1942.375	1942.387	1942.393	1942.372	1942.369	9711.896
0+840	1942.712	1942.746	1942.728	1942.708	1942.701	9713.595
0+860	1943.083	1943.152	1943.108	1943.148	1943.086	9715.577
0+880	1943.518	1943.559	1943.529	1943.517	1943.507	9717.630
0+900	1943.908	1943.951	1943.928	1943.939	1943.916	9719.642
0+920	1944.292	1944.306	1944.271	1944.284	1944.283	9721.436
0+940	1944.621	1944.684	1944.676	1944.600	1944.595	9723.176
0+960	1944.912	1944.904	1944.892	1944.911	1944.873	9724.492
0+980	1945.011	1945.021	1945.002	1945.028	1945.001	9725.063
0+1000	1944.909	1944.926	1944.907	1944.924	1944.914	9724.580
0+1020	1944.778	1944.787	1944.782	1944.790	1944.785	9723.922
0+1040	1944.455	1944.464	1944.460	1944.471	1944.462	9722.312
0+1060	1944.255	1944.247	1944.234	1944.241	1944.226	9721.203
0+1080	1943.954	1943.944	1943.941	1943.956	1943.946	9719.741
0+1100	1943.714	1943.725	1943.728	1943.737	1943.743	9718.647
0+1120	1943.442	1943.445	1943.484	1943.463	1943.460	9717.294
0+1140	1943.313	1943.337	1943.298	1943.324	1943.329	9716.601
0+1160	1943.097	1943.074	1943.094	1943.093	1943.106	9715.464
0+1167.89	1943.054	1943.072	1943.062	1943.070	1943.080	9715.338
VARIANZA	9.007	9.127	9.100	9.163	9.101	
SUMATORIA DE VARIANZAS	45.497					
VARIANZA DE LA SUMA DE LOS ÍTEMS	227.418					
$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$				K:	60.00	
				$\sum_{i=1}^k S_i^2:$	45.497	
				$S_T^2:$	227.418	
				$\alpha:$	0.713	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 49: Tabla de rangos de las confiabilidades

RANGO	CONFIABILIDAD
0.53 a menos	Confiabilidad nula
0.54 a 0.59	Confiabilidad baja
0.60 a 0.65	Confiable
0.66 a 0.71	Muy confiable
0.72 a 0.99	Excelente confiabilidad
1	Confiabilidad perfecta

FUENTE: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Referente a la técnica planteada en la presente investigación se obtuvo las siguientes conclusiones:

- Al procesar la información adquirida con los procedimientos en los diversos softwares especializados, se puede obtener información digital del terreno, facilitando realizar diversas actividades en la etapa de planeación del proyecto, debido a que sus resultados están en formato digital y de fácil manejo y entendimiento. La aerofotogrametría nos permite manipular una cantidad considerable de información con mucha sencillez, convirtiéndolo en una herramienta útil en la elaboración de proyectos topográficos de la zona de interés de un proyecto.
- La aerofotogrametría constituye una técnica que permite obtener datos de la superficie del terreno en un corto lapso de tiempo, mediante la toma de fotografías aéreas que este caso se realizó con el dron Ebee Plus. El uso de los drones constituyen una herramienta adecuada para la obtención de estas fotografías, reduciendo el tiempo de trabajo de campo y permitiendo obtener resultados confiables al compararlos con otras metodología topográficas convencionales, prestando muchas ventajas al campo fotogramétrico y dentro del área de la ingeniería civil.
- La aerofotogrametría empleada en esta investigación, establece una metodología accesible, económica y eficaz para instituciones estatales y privadas, con todos los beneficios posibles del uso de la fotogrametría, teniendo en cuenta que los drones son muy fáciles adquirirlos hoy en día, por la variedad de modelos y marcas presentes en el

mercado.

Referente a la aplicación y ejecución de la aerofotogrametría en la presente investigación se obtuvo las siguientes conclusiones:

- Para la obtención de resultados precisos y exactos que buscamos en esta investigación de los productos digitales, el punto de partida está en una buena planificación del proyecto de vuelo aerofotogramétrico, considerando la orografía del terreno y la correcta colocación de los puntos de control a lo largo y ancho del área de trabajo, para corregir la precisión del modelo y los posibles errores que se puedan producir, propios de la técnica digital y del uso del software fotogramétrico.
- La elección adecuada de la cantidad de puntos de control (GCP) a utilizarse en el proyecto y la correcta ubicación de los mismos, en esta investigación pudimos observar que mientras más puntos de control tenemos el resultado es más preciso y exacto, pero pudimos observar también que con la cantidad de 09 puntos de control los resultados son un 91% confiables y precisos en el proyecto, esto nos permite obtener un modelo digital del terreno (MDT) y mejores resultados en la georreferenciación del proyecto.

Referente a los resultados de la presente investigación se obtuvo las siguientes conclusiones:

- En el levantamiento aerofotogramétrico realizado en el campus de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de la ciudad de Huánuco, se obtuvo los resultados de tres misiones del dron Ebee Plus con diferentes resoluciones espaciales (GSD) de valores 3.0, 3.5 y 4.0, y con la incorporación de 09 puntos de control, obteniendo variedades de resultados, ya que se procesó en el software Pix4D, para cada resolución espacial una

determinada cantidad de puntos de control que van desde 05 hasta 09, con dicho proceso se obtuvieron ortomosaicos actualizados del terreno, cubriendo aproximadamente 17 hectáreas de área de estudio cumpliendo con los objetivos propuestos en el estudio.

- El nivel de precisión de los resultados está relacionado con la resolución espacial del vuelo del dron Ebee Plus, en esta investigación se obtuvieron mejores resultados con un GSD de 3.0 cm/pixel, debido a que la altura del vuelo se realizó a 117 metros de altura y permitió más nitidez en la imágenes tomadas, también a estos resultados se suma los 09 puntos de control que se instaló en el área de estudio llegando así a obtener un 95% de grado de precisión y exactitud en los resultados obtenidos. Cabe resaltar que con un GSD de 3.0 cm/pixel y con 09 puntos de control se alcanzó un 91% de grado de precisión y exactitud, la cual no está fuera del rango permitido por las normas y reglamentos actuales.
- Sabemos que, en el flujo de trabajo aerofotogramétrico se necesita del apoyo terrestre para mejorar los resultados, el uso de aparatos topográficos para la etapa de apoyo terrestre como el GPS diferencial, se convierte en un complemento de la técnica empleada. Por lo que la metodología de la aerofotogrametría no constituye una solución definitiva a la necesidad de información topográfica, ni excluye el uso de las técnicas tradicionales, sino que se apoya en ellas para compensar sus propias deficiencias.
- A diferencias de los levantamientos topográficos convencionales, cuando hay edificaciones presentes en el área de levantamiento, no es posible obtener información de la localización exacta de las esquinas de estas edificaciones cuando están techadas,

pues estas no son visibles en el otromosaico y en algunos casos tampoco son visibles en el modelo tridimensional generado, para la obtención de esta información es necesario otra planificación de vuelo que se detalló en el capítulo II de esta investigación.

RECOMENDACIONES

- Durante la etapa de procesamiento el software puede presentar problemas para encontrar coincidencia entre fotografías por diversas razones, por lo cual, se recomienda replantear el plan de adquisición de imágenes tomando en consideración las situaciones planteadas en el capítulo II.
- Se recomienda replantear el plan de adquisición de imágenes aumentando la elevación relativa de la aeronave sobre el terreno para aumentar el contenido visual de cada fotografía y reducir la distancia entre capturas fotográficas para aumentar el número de posibles coincidencias e incluir puntos de coincidencia de forma manual para mejorar los resultados de esta etapa.
- Para todo levantamiento aerofotogramétrico mediante el dron Ebee Plus, será necesario apoyarse de los levantamientos geodésicos terrestres para mejorar su precisión. Para proyectos pequeños se deben poner como mínimo tres puntos de control y para grandes proyectos un rango de cinco a siete puntos de control.
- La toma de fotografías aéreas se debe realizar en lo posible bajo las condiciones ideales descritas en el capítulo II, cuando la altitud del sol sea óptima, es decir en aquel espacio de tiempo en el cual los rayos solares presenten una inclinación tal que las sombras arrojadas sea mínima. Ya que no existe un criterio fijo para considerar la altitud solar mínima aceptable en el transcurso del año, se puede adoptar una altura mínima de 30° del sol sobre el horizonte y en regiones poco accidentadas puede llegarse a los 20° (10:00 AM a 12:00 PM)..

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- Realizar trabajos de investigación sobre levantamientos aerofotogrametrico de edificios de más de 7 pisos, empleando la metodología de vuelos en círculos y en un plano de inclinación de 45° , teniendo en consideración las técnicas de reconstrucción de edificaciones.
- Realizar trabajos investigación sobre levantamientos aerofotogrametrico sobre ríos, lagos, océanos, verificando la resolución espacial correcta para este tipo de levantamientos sobre espejos de agua.
- realizar trabajos de investigación sobre cálculo de volúmenes en zonas con mucha vegetación.

BLIBIOGRAFIA

- Instituto Geográfico Nacional (2011), Especificaciones Técnicas para la producción de Cartografía Básica Escala 1:1000.
- Pix4D Mapper User Manual (2017).
- Torres Nieto, Álvaro (2000). Topografía 4ta Edición. Colombia: Prentice Hall.
- García Márquez, Fernando (1994). Curso básico de topografía. México: Árbol Editorial, S.A. de C.V.
- Jiménez Cleves, Gonzalo (2007). Topografía para ingenieros. Colombia: Universidad del Quindío.
- Alcántara García, Dante A. (2014). Topografía y sus aplicaciones. México: Grupo Patria Cultural S.A. de C.V.
- Quirós Rosado, Elia (2014). Introducción a la Fotogrametría y Cartografía aplicada a la Ingeniería Civil. España: Universidad de Extremadura
- García de León, Armando et al (2013). Atlas de geografía del mundo. México: Secretaría de Educación Pública
- FranquetBernis, Josep María; Querol Gómez, Antonio (2010). Nivelación de terrenos por regresión tridimensional. España: UNED-Tortosa
- Santamaría Peña, Jacinto (2011). La cartografía y las proyecciones cartográficas. España: Universidad de La Rioja
- Paul R. Wolf y Russell C. Brinker (2006), topografía novena edición. Mexico: ALFAOMEGA grupo editor, S.A. de C.V.

- James M. Anderson, Edward M. Mikhail. (1988), introducción a la topografía. Mexico: McGraw Hill

ANEXOS

- REPORTE DE CALIDAD DE LAS MISIONES DEL PIX4D.
- PLANOS DE LOS PERFILES LONGITUDINALES DE CADA VUELO
- PRODUCTO FOTOGRAMETRICOS
- ACTA DE SUSTENTACION
- AUTORIZACION PARA LA PUBLICACION DE TESIS ELECTRONICA DE
PREGRADO

- !** **Important:** Click on the different icons for:
- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
 - i** Additional information about the sections

💡 Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



Project	PIX4D (9) R-9
Processed	2020-06-23 09:05:31
Camera Model Name(s)	S.O.D.A_10.6_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	3.27 cm / 1.29 in
Area Covered	0.464 km ² / 46.4038 ha / 0.18 sq. mi. / 114.7257 acres

Quality Check



? Images	median of 15670 keypoints per image	✓
? Dataset	283 out of 283 images calibrated (100%), all images enabled	✓
? Camera Optimization	0.7% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
? Matching	median of 6484.83 matches per calibrated image	✓
? Georeferencing	yes, 9 GCPs (9 3D), mean RMS error = 0.005 m	✓

? Preview

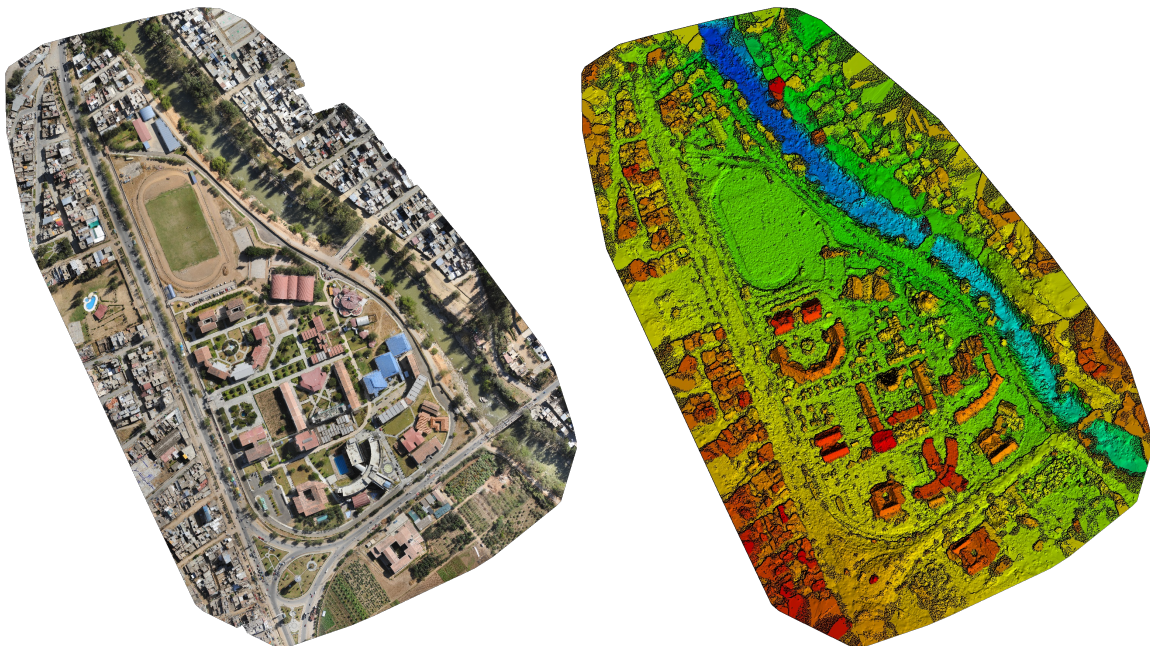


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details



Number of Calibrated Images	283 out of 283
Number of Geolocated Images	283 out of 283

Initial Image Positions

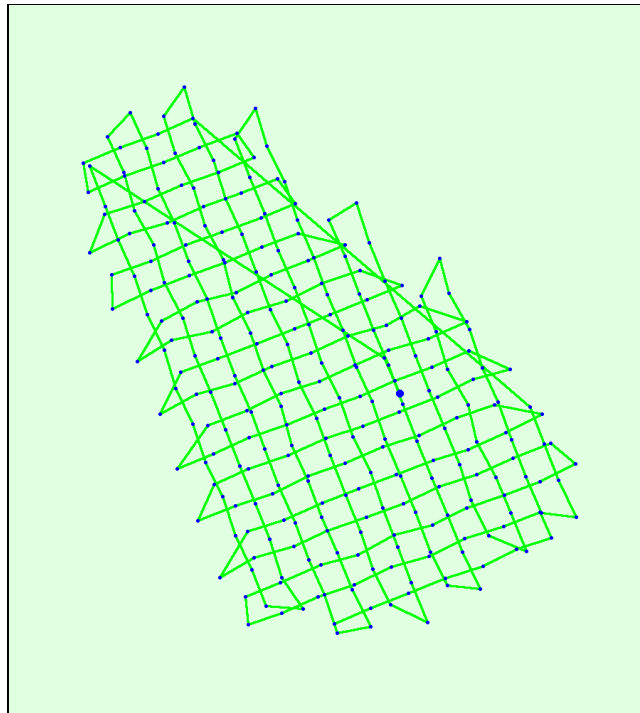
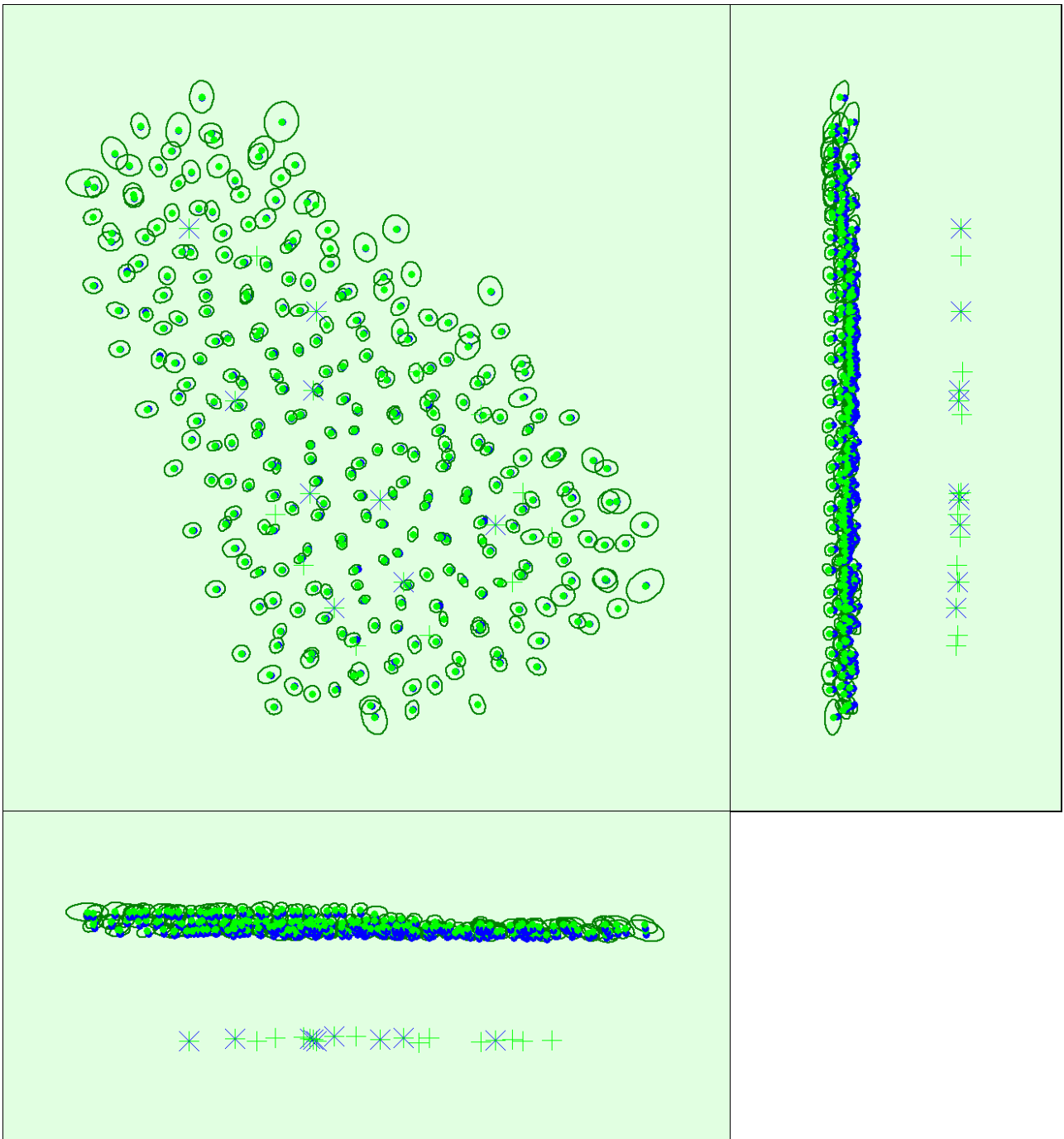


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions





Uncertainty ellipses 500x magnified

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

? Absolute camera position and orientation uncertainties



	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.021	0.020	0.016	0.008	0.008	0.003
Sigma	0.006	0.006	0.003	0.002	0.002	0.001

? Overlap



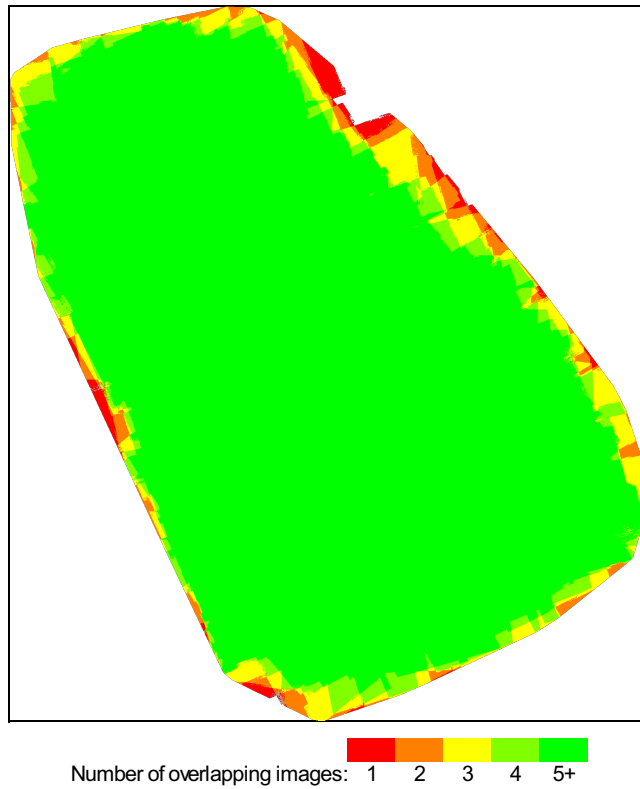


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint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

Bundle Block Adjustment Details



Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	1822836
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	627738
Mean Reprojection Error [pixels]	0.137

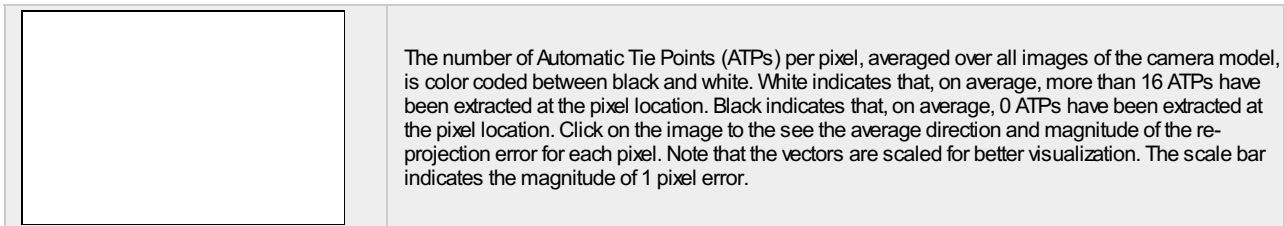
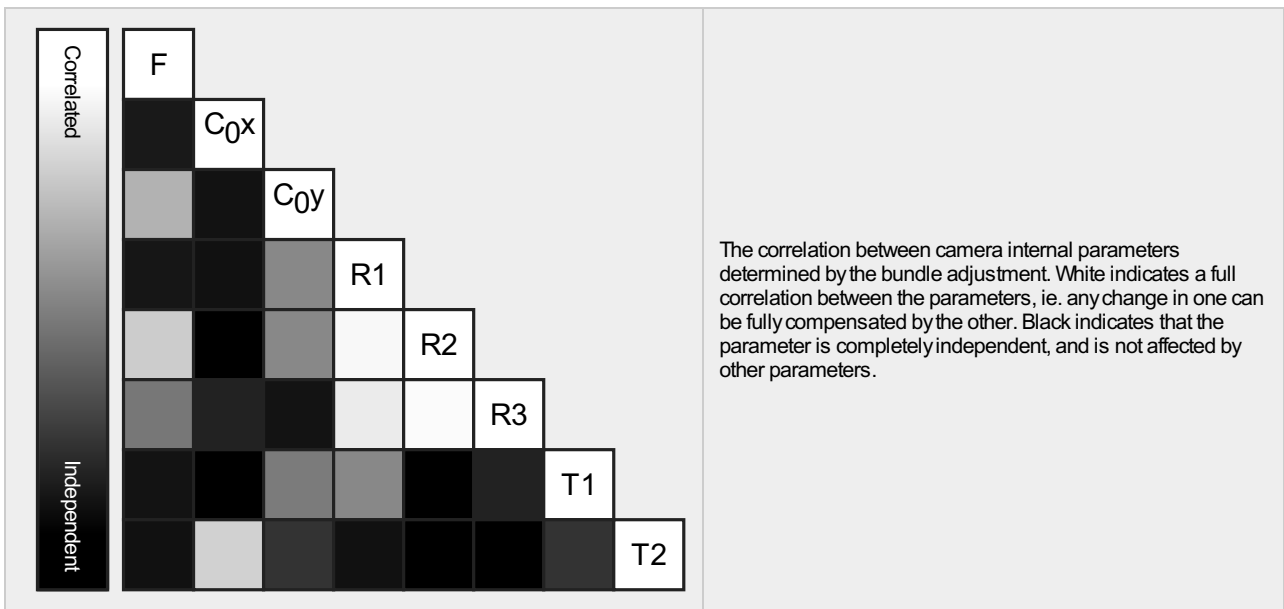
Internal Camera Parameters

S.O.D.A._10.6_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 13.133 [mm] x 8.755 [mm]



EXIF ID: S.O.D.A._10.6_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	4430.420 [pixel] 10.633 [mm]	2725.000 [pixel] 6.540 [mm]	1811.670 [pixel] 4.348 [mm]	0.033	-0.209	0.315	0.000	0.000
Optimized Values	4399.056 [pixel] 10.558 [mm]	2738.908 [pixel] 6.573 [mm]	1823.748 [pixel] 4.377 [mm]	0.034	-0.208	0.308	0.000	-0.000
Uncertainties (Sigma)	0.384 [pixel] 0.001 [mm]	0.117 [pixel] 0.000 [mm]	0.133 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000



? 2D Keypoints Table



	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	15670	6485
Min	13442	2472
Max	24883	11273
Mean	16211	6441

? 3D Points from 2D Keypoint Matches



	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	424174
In 3 Images	89207
In 4 Images	40952
In 5 Images	23650
In 6 Images	14587
In 7 Images	10048
In 8 Images	6856
In 9 Images	4780
In 10 Images	3488
In 11 Images	2530
In 12 Images	1985
In 13 Images	1525
In 14 Images	1177
In 15 Images	887
In 16 Images	698
In 17 Images	445
In 18 Images	353
In 19 Images	196
In 20 Images	108
In 21 Images	65
In 22 Images	18
In 23 Images	4

In 24 Images	4
In 25 Images	1

2D Keypoint Matches

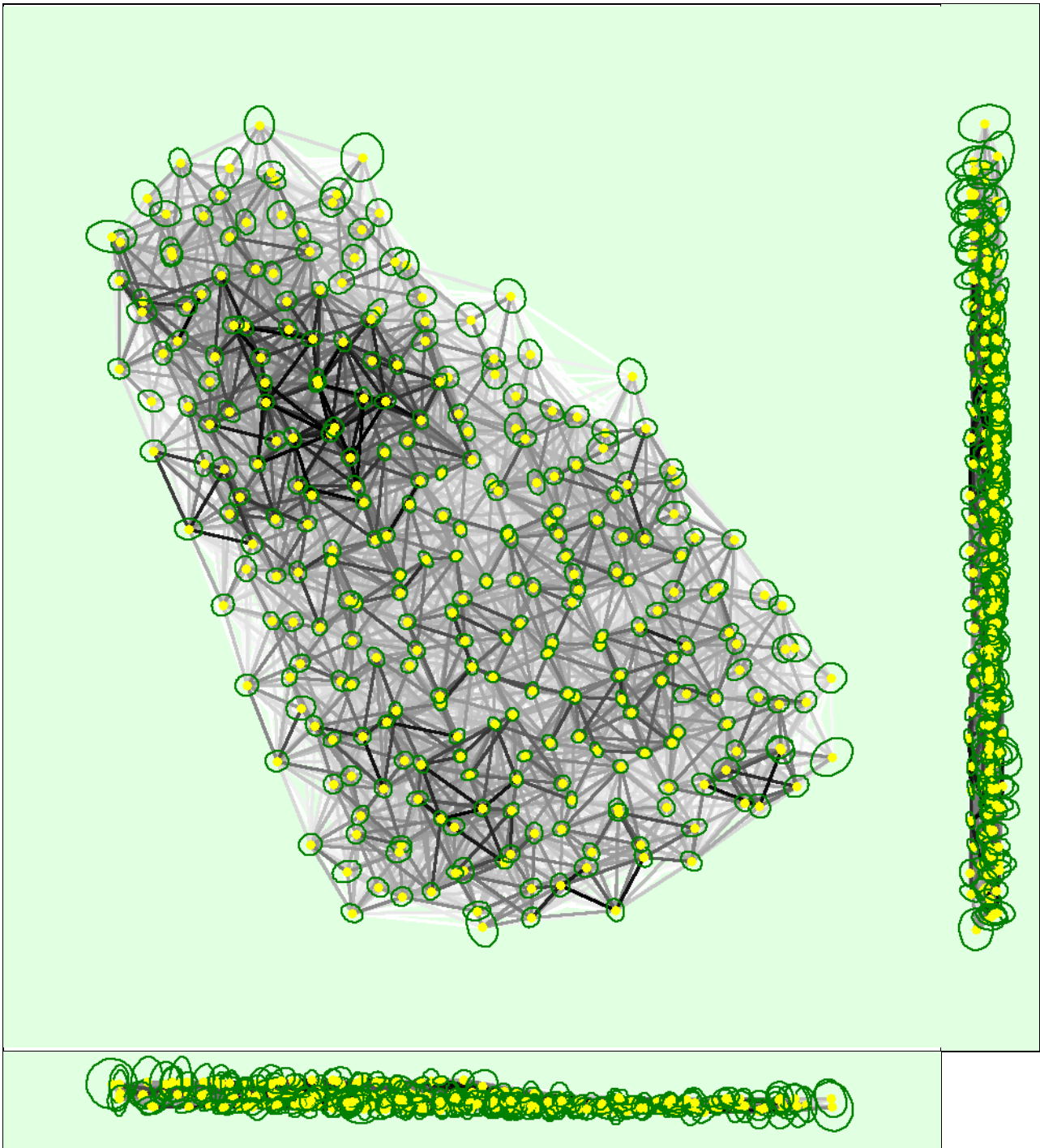


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty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

Relative camera position and orientation uncertainties

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.019	0.019	0.018	0.011	0.009	0.003
Sigma	0.005	0.005	0.008	0.004	0.003	0.001

Manual Tie Points



MTP Name	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
mtp10	0.458	20 / 20
mtp11	0.336	21 / 21
mtp12	0.404	15 / 15
mtp13	0.366	18 / 18
mtp14	0.400	20 / 20
mtp15	0.301	19 / 19
mtp16	0.298	21 / 21
mtp17	0.435	18 / 18
mtp18	0.482	20 / 20
mtp19	0.362	16 / 16

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

Geolocation Details



Ground Control Points



GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
1 (3D)	0.020/ 0.020	-0.000	-0.001	0.001	0.421	23 / 23
2 (3D)	0.020/ 0.020	-0.004	-0.008	-0.007	0.439	14 / 14
3 (3D)	0.020/ 0.020	0.003	-0.007	0.004	0.430	16 / 16
4 (3D)	0.020/ 0.020	0.001	-0.002	0.002	0.309	19 / 19
5 (3D)	0.020/ 0.020	0.005	0.003	-0.006	0.491	19 / 19
6 (3D)	0.020/ 0.020	0.001	0.010	0.001	0.455	18 / 18
7 (3D)	0.020/ 0.020	-0.006	0.003	0.000	0.473	16 / 16
8 (3D)	0.020/ 0.020	0.010	0.008	0.008	0.553	15 / 15
9 (3D)	0.020/ 0.020	-0.009	-0.006	-0.003	0.416	16 / 16
Mean [m]		0.000051	-0.000029	0.000149		
Sigma [m]		0.005398	0.006041	0.004401		
RMS Error [m]		0.005398	0.006041	0.004404		

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

Absolute Geolocation Variance



Mn Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-2.38	0.71	0.35	0.00
-2.38	-1.91	0.35	0.00	0.00
-1.91	-1.43	0.00	0.00	1.06
-1.43	-0.95	3.18	2.83	4.24
-0.95	-0.48	21.20	19.79	15.55
-0.48	0.00	19.43	25.44	26.86
0.00	0.48	36.04	27.56	30.74
0.48	0.95	17.67	20.85	16.61
0.95	1.43	0.00	1.77	3.18
1.43	1.91	0.00	0.35	1.77
1.91	2.38	0.00	0.00	0.00

2.38	-	1.41	1.06	0.00
Mean [m]		0.937339	0.104464	-5.246539
Sigma [m]		0.686593	0.676771	0.595976
RMS Error [m]		1.161901	0.684786	5.280280

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

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	0.930013	0.061615	-5.254039

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X[%]	Images Y[%]	Images Z[%]
[-1.00, 1.00]	83.39	77.39	93.29
[-2.00, 2.00]	97.53	98.59	100.00
[-3.00, 3.00]	97.53	99.29	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	0.773509	0.773509	1.035187
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.090651	0.090651	0.115290

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

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	4.504
Phi	4.415
Kappa	8.993

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

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-6700HQ CPU @ 2.60GHz RAM: 16GB GPU: Intel(R) HD Graphics 530 (Driver: 26.20.100.7263)
Operating System	Windows 10 Home, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS 84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 18S
Output Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 18S

Processing Options

Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Custom, Image Scale: 0.5
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic

Advanced: Calibration

Calibration Method: Standard
 Internal Parameters Optimization: All
 External Parameters Optimization: All
 Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details



Processing Options



Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: yes
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	42m:11s
Time for Point Cloud Classification	06m:44s
Time for 3D Textured Mesh Generation	24m:57s

Results



Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	21072334
Average Density (per m ³)	93.19

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (3.27 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: yes
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (3.27 [cm/pixel])
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 0.5 Resolution [cm]: 100 Minimum Line Size [vertices]: 20
Time for DSM Generation	16m:00s
Time for Orthomosaic Generation	01h:03m:11s
Time for DTM Generation	06m:54s
Time for Contour Lines Generation	05s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s

- !** **Important:** Click on the different icons for:
 - ?** Help to analyze the results in the Quality Report
 - i** Additional information about the sections

💡 Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



Project	PIX4D (9) R-3,5
Processed	2020-06-24 11:14:59
Camera Model Name(s)	S.O.D.A_10.6_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	3.70 cm / 1.45 in
Area Covered	0.525 km ² / 52.5006 ha / 0.20 sq. mi. / 129.7988 acres

Quality Check



? Images	median of 16255 keypoints per image	✓
? Dataset	253 out of 253 images calibrated (100%), all images enabled	✓
? Camera Optimization	0.56% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
? Matching	median of 6733.92 matches per calibrated image	✓
? Georeferencing	yes, 9 GCPs (9 3D), mean RMS error = 0.004 m	✓

? Preview

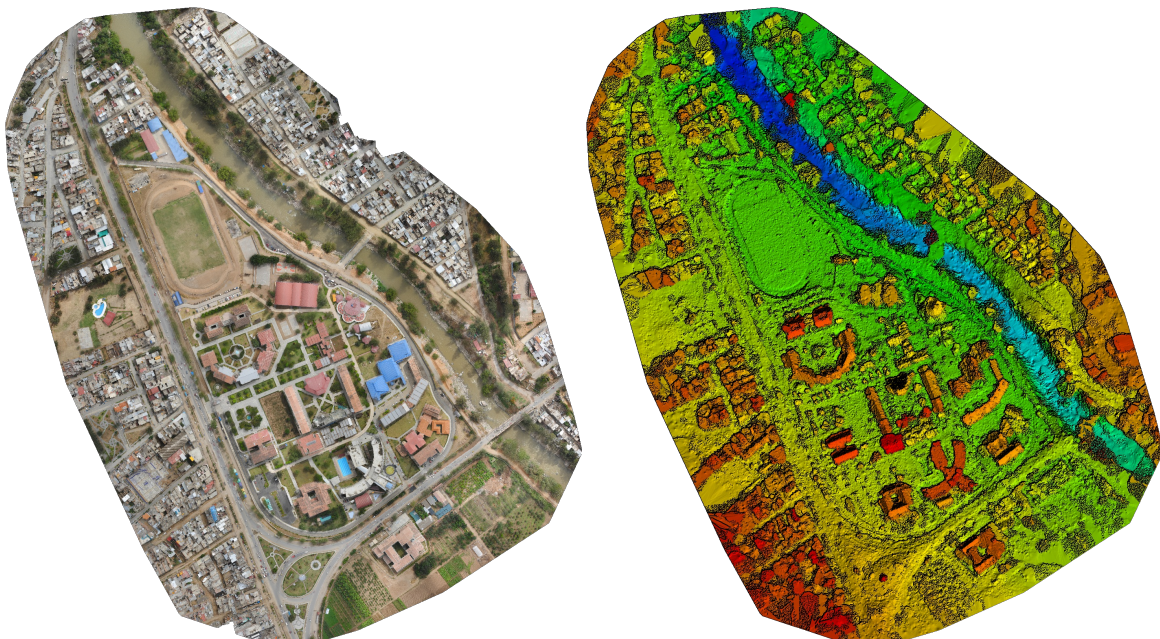


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details



Number of Calibrated Images	253 out of 253
Number of Geolocated Images	253 out of 253

? Initial Image Positions

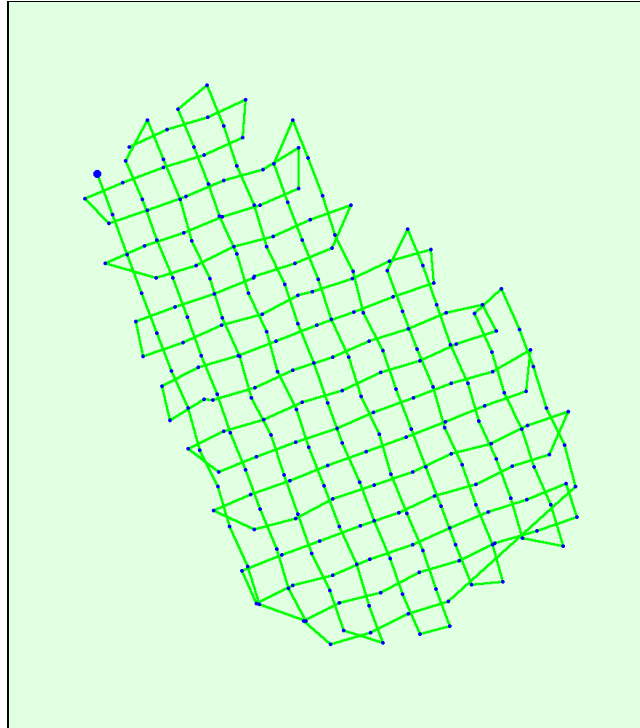
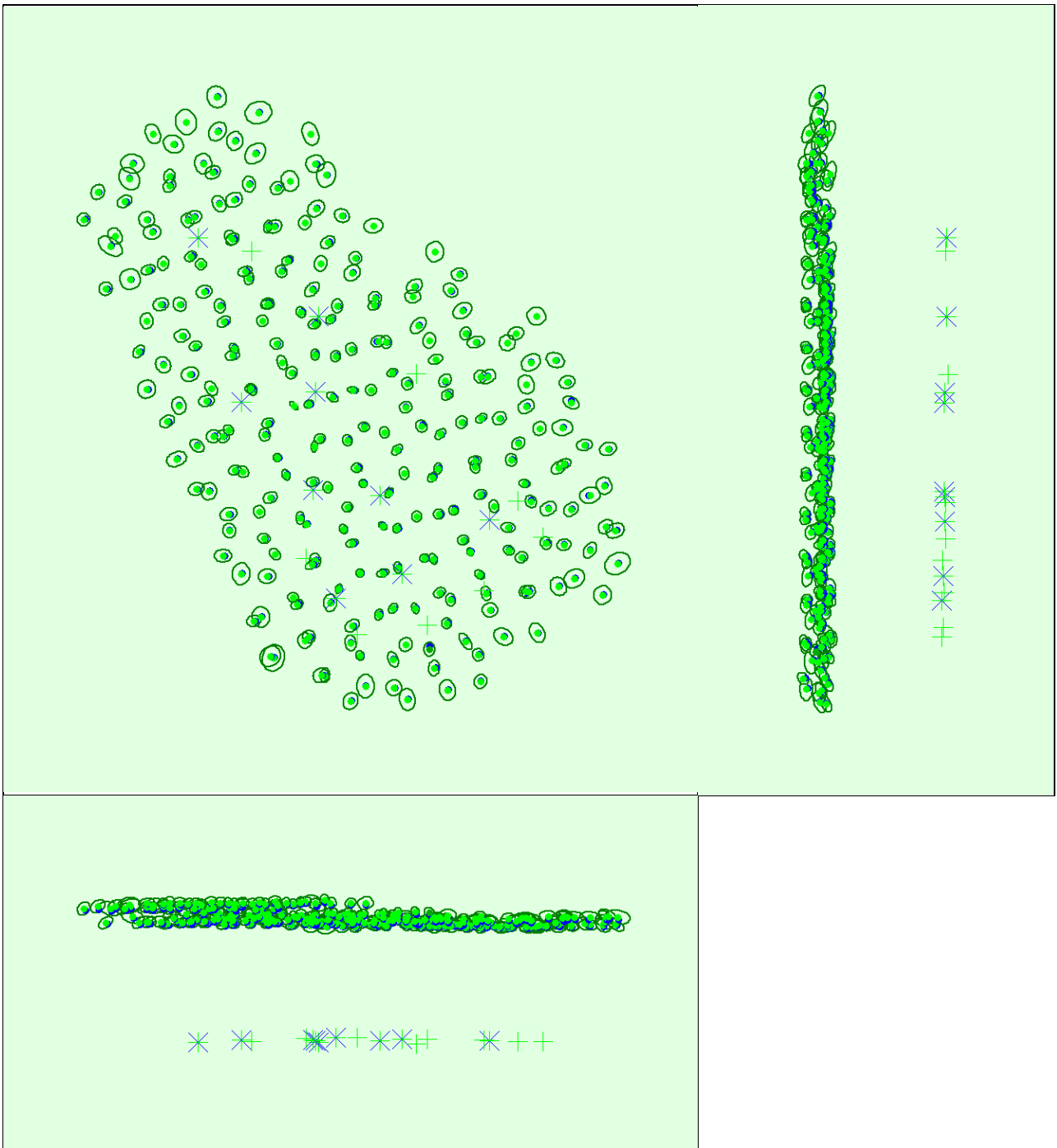


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

? Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions





Uncertainty ellipses 500x magnified

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

🔍 Absolute camera position and orientation uncertainties



	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.018	0.018	0.015	0.006	0.006	0.002
Sigma	0.005	0.005	0.002	0.002	0.002	0.001

🔍 Overlap



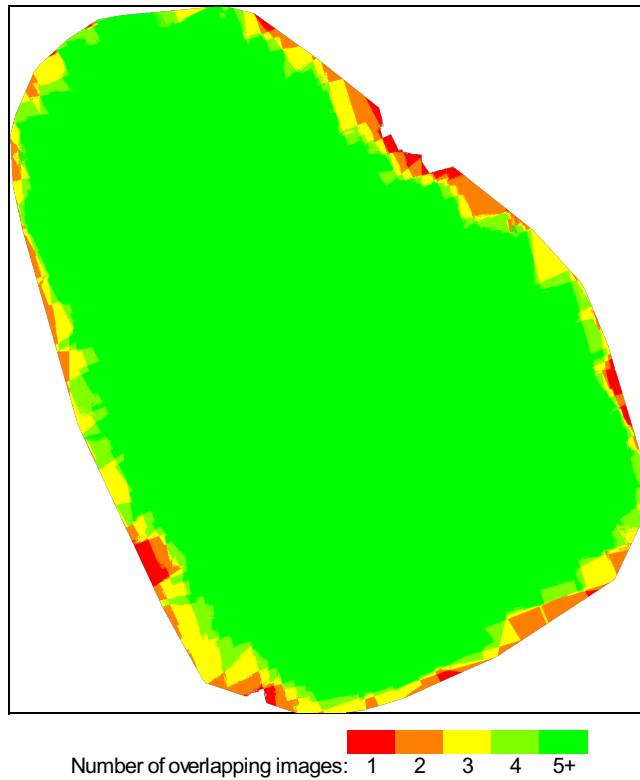


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint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

Bundle Block Adjustment Details i

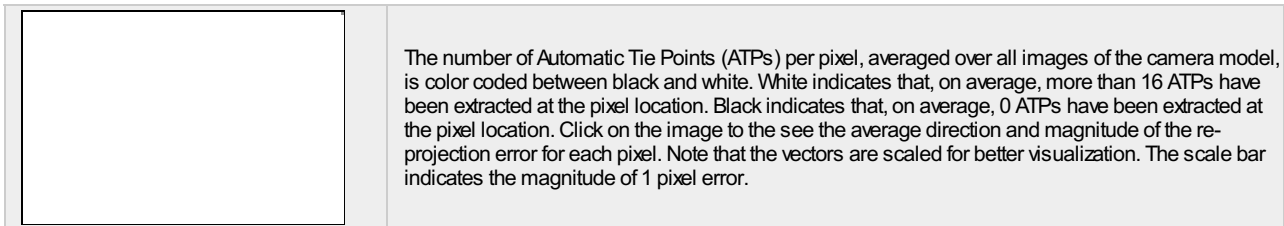
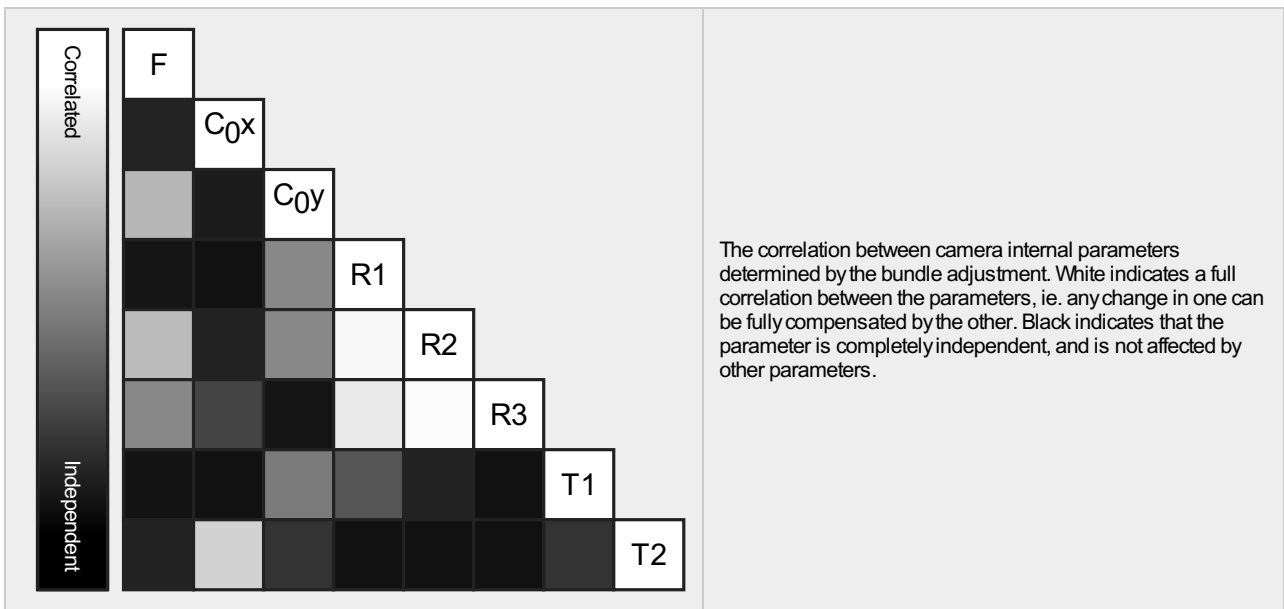
Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	1698127
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	553532
Mean Reprojection Error [pixels]	0.126

? Internal Camera Parameters

S S.O.D.A_10.6_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 13.133 [mm] x 8.755 [mm] i

EXIF ID: S.O.D.A_10.6_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	4430.420 [pixel] 10.633 [mm]	2725.000 [pixel] 6.540 [mm]	1811.670 [pixel] 4.348 [mm]	0.033	-0.209	0.315	0.000	0.000
Optimized Values	4405.404 [pixel] 10.573 [mm]	2739.480 [pixel] 6.575 [mm]	1824.215 [pixel] 4.378 [mm]	0.035	-0.210	0.312	0.000	-0.000
Uncertainties (Sigma)	0.330 [pixel] 0.001 [mm]	0.100 [pixel] 0.000 [mm]	0.116 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000



? 2D Keypoints Table



	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	16255	6734
Mn	14713	3740
Max	23719	9734
Mean	16594	6712

? 3D Points from 2D Keypoint Matches



	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	365656
In 3 Images	78568
In 4 Images	35696
In 5 Images	20780
In 6 Images	13515
In 7 Images	9474
In 8 Images	6794
In 9 Images	5048
In 10 Images	4024
In 11 Images	2945
In 12 Images	2505
In 13 Images	1995
In 14 Images	1545
In 15 Images	1278
In 16 Images	1006
In 17 Images	750
In 18 Images	561
In 19 Images	441
In 20 Images	326
In 21 Images	232
In 22 Images	168
In 23 Images	94

In 24 Images	70
In 25 Images	42
In 26 Images	12
In 27 Images	6
In 28 Images	1

2D Keypoint Matches

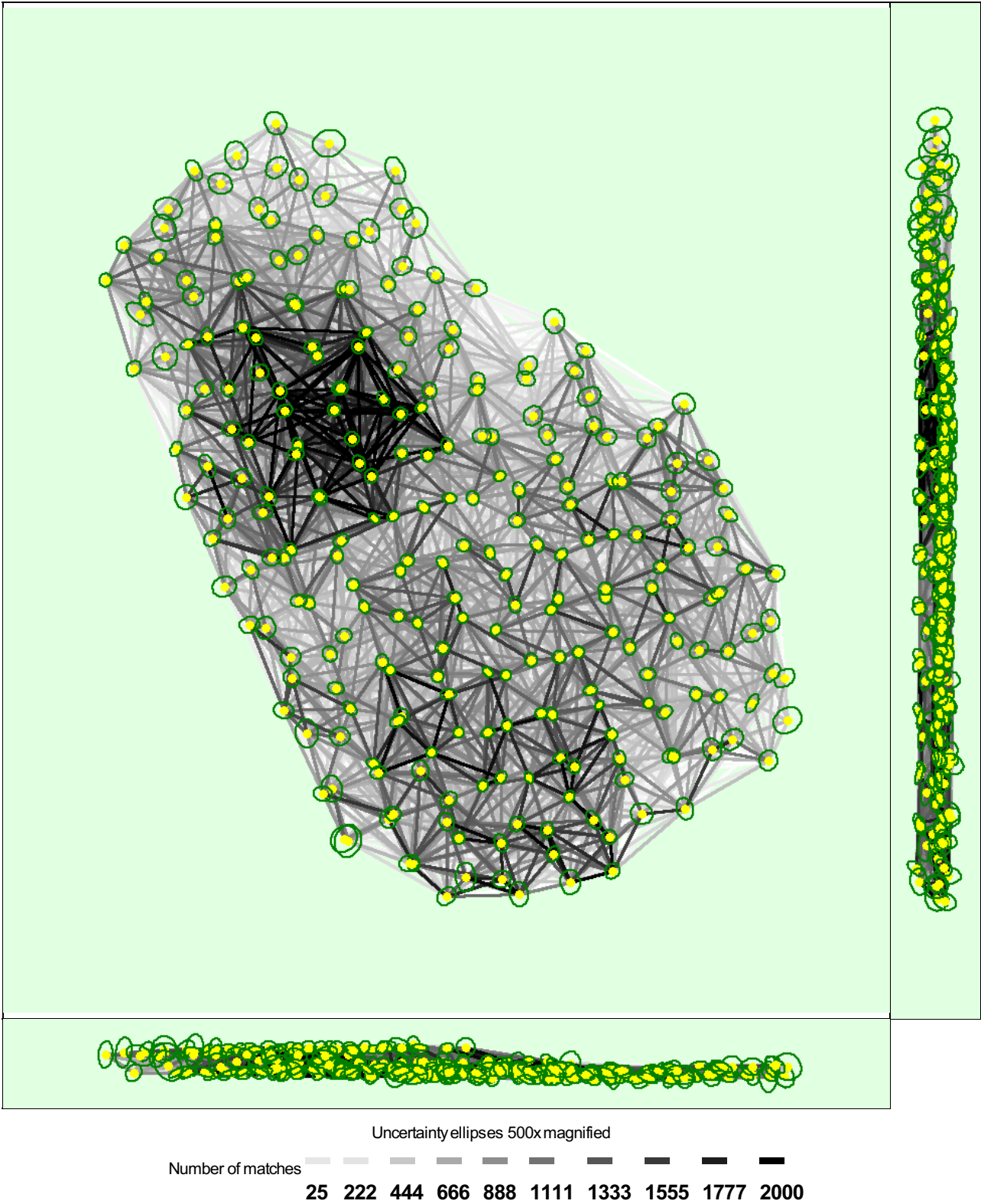


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty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

Relative camera position and orientation uncertainties

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.017	0.017	0.014	0.008	0.007	0.003
Sigma	0.004	0.004	0.006	0.003	0.002	0.001

Manual Tie Points

MTP Name	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
mtp10	0.302	18 / 18
mtp11	0.248	18 / 18
mtp12	0.392	22 / 22
mtp13	0.357	19 / 19
mtp14	0.218	19 / 19
mtp15	0.316	17 / 17
mtp16	0.438	20 / 20
mtp17	0.493	19 / 19

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

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
1 (3D)	0.020/ 0.020	-0.001	0.000	-0.003	0.387	23 / 23
2 (3D)	0.020/ 0.020	-0.002	0.001	-0.000	0.436	21 / 21
3 (3D)	0.020/ 0.020	0.002	-0.004	-0.004	0.453	20 / 20
4 (3D)	0.020/ 0.020	0.000	-0.004	0.007	0.383	20 / 20
5 (3D)	0.020/ 0.020	0.002	0.004	-0.013	0.492	17 / 17
6 (3D)	0.020/ 0.020	-0.000	0.006	0.007	0.500	19 / 19
7 (3D)	0.020/ 0.020	-0.008	-0.003	0.002	0.395	19 / 19
8 (3D)	0.020/ 0.020	0.012	-0.001	0.003	0.497	14 / 14
9 (3D)	0.020/ 0.020	-0.005	-0.001	0.001	0.416	19 / 19
Mean [m]		0.000099	-0.000056	0.000013		
Sigma [m]		0.005168	0.003187	0.005939		
RMS Error [m]		0.005169	0.003187	0.005939		

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

Absolute Geolocation Variance

Mn Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-3.19	0.00	0.00	0.00
-3.19	-2.55	0.79	0.40	0.79
-2.55	-1.91	0.00	0.00	1.59
-1.91	-1.28	0.00	0.00	5.56
-1.28	-0.64	7.14	6.75	17.86
-0.64	0.00	45.24	46.03	25.40
0.00	0.64	32.14	44.05	21.43
0.64	1.28	13.89	1.98	24.60
1.28	1.91	0.79	0.40	2.78
1.91	2.55	0.00	0.00	0.00

2.55	3.19	0.00	0.40	0.00
3.19	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		0.823667	0.500318	-1.730761
Sigma [m]		0.551248	0.490392	0.883370
RMS Error [m]		0.991111	0.700573	1.943161

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

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	0.812548	0.552451	-1.691822

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	83.33	88.89	94.84
[-2.00, 2.00]	99.21	98.81	99.60
[-3.00, 3.00]	99.21	98.81	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	0.677377	0.677377	1.497004
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.091216	0.091216	0.213079

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

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	4.446
Phi	5.057
Kappa	5.046

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

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-6700HQ CPU @ 2.60GHz RAM: 16GB GPU: Intel(R) HD Graphics 530 (Driver: 26.20.100.7263)
Operating System	Windows 10 Home, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS 84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 18S
Output Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 18S

Processing Options

Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Custom, Image Scale: 0.5
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic

Advanced: Calibration

Calibration Method: Standard
 Internal Parameters Optimization: All
 External Parameters Optimization: All
 Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details

Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: yes
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	38m:20s
Time for Point Cloud Classification	06m:17s
Time for 3D Textured Mesh Generation	20m:24s

Results

Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	16101366
Average Density (per m ³)	63.1

DSM, Orthomosaic and Index Details

Processing Options

DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (3.7 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: yes
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (3.7 [cm/pixel])
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 0.5 Resolution [cm]: 100 Minimum Line Size [vertices]: 20
Time for DSM Generation	10m:54s
Time for Orthomosaic Generation	39m:05s
Time for DTM Generation	05m:21s
Time for Contour Lines Generation	03s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s



Important: Click on the different icons for:



Help to analyze the results in the Quality Report



Additional information about the sections



Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



Project	PIX4D (9) R-4
Processed	2020-05-19 06:17:59
Camera Model Name(s)	S.O.D.A_10.6_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	4.14 cm / 1.63 in
Area Covered	0.561 km ² / 56.0655 ha / 0.22 sq. mi. / 138.6127 acres

Quality Check



Images	median of 16004 keypoints per image	
Dataset	179 out of 179 images calibrated (100%), all images enabled	
Camera Optimization	0.78% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	
Matching	median of 6655.65 matches per calibrated image	
Georeferencing	yes, 9 GCPs (9 3D), mean RMS error = 0.005 m	

Preview

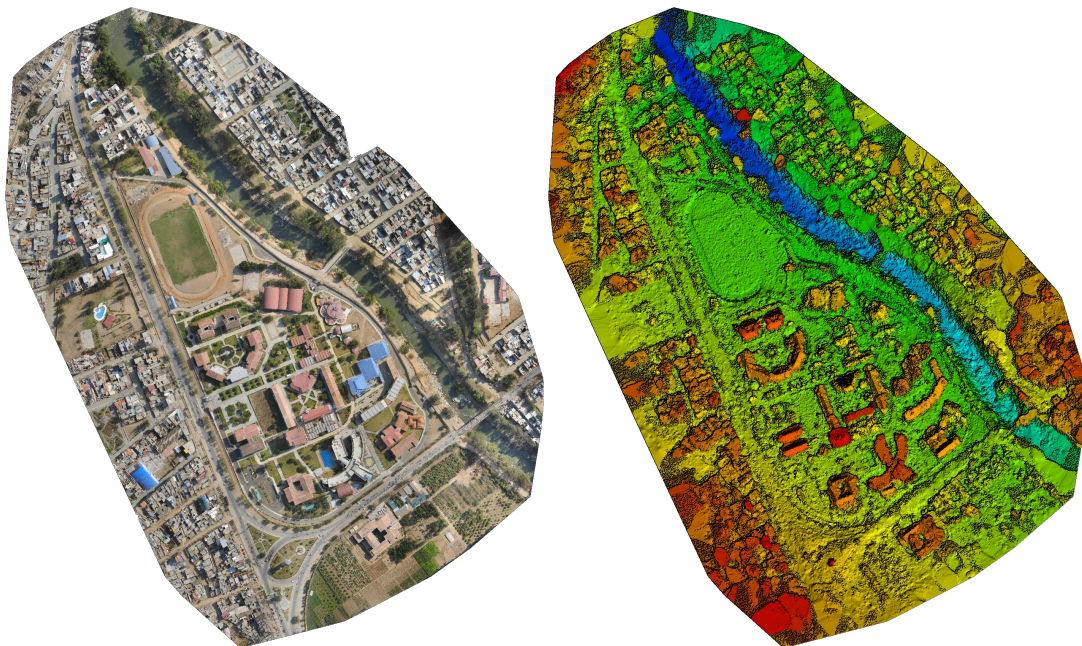


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details



Number of Calibrated Images	179 out of 179
Number of Geolocated Images	179 out of 179

Initial Image Positions

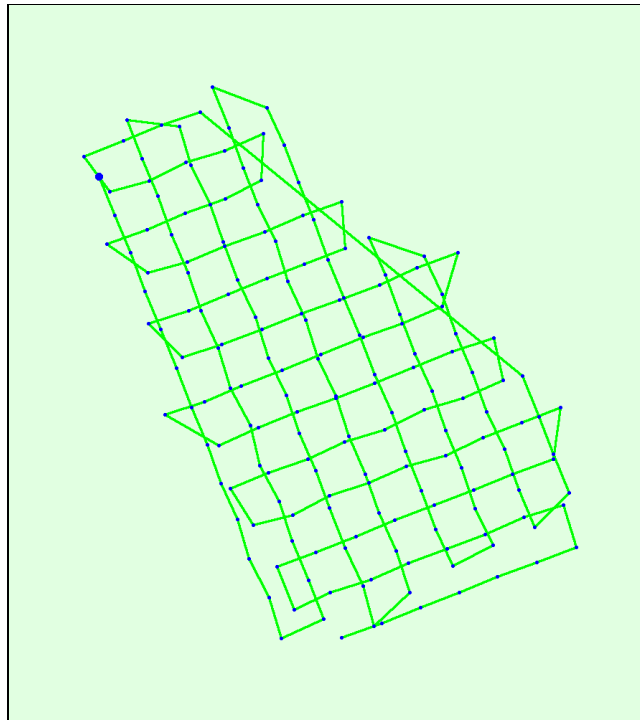
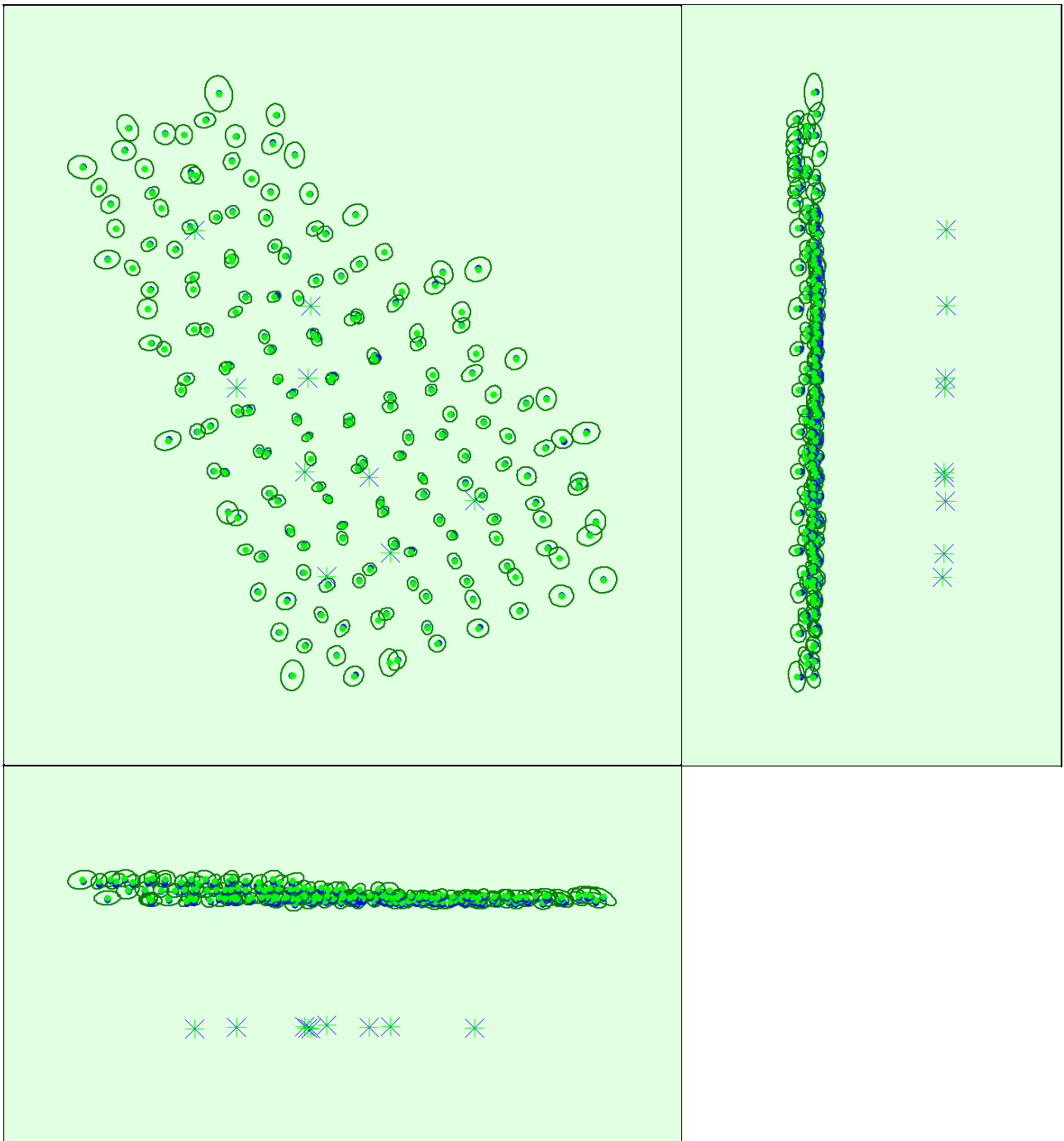


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions





Uncertainty ellipses 500x magnified

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

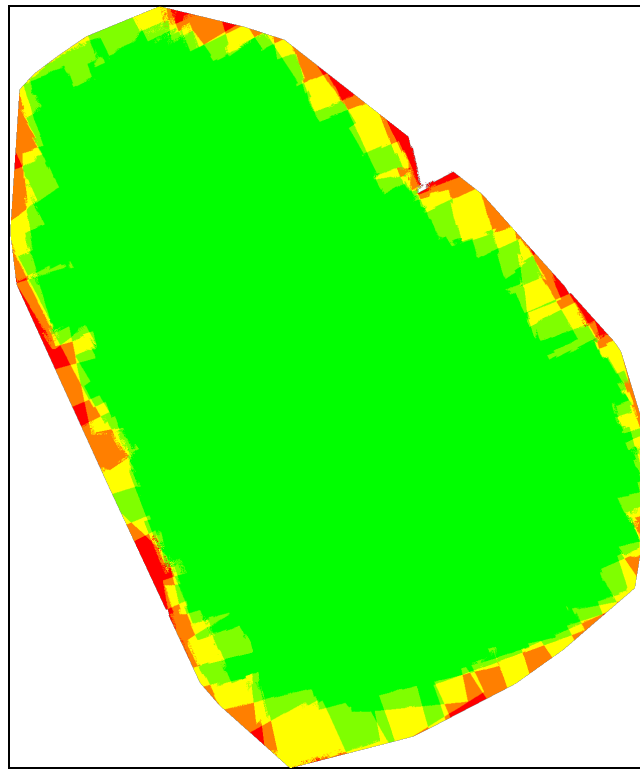
🔍 Absolute camera position and orientation uncertainties



	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.022	0.022	0.019	0.006	0.007	0.002
Sigma	0.006	0.006	0.002	0.002	0.002	0.001

🔍 Overlap





Number of overlapping images: 1 2 3 4 5+

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

Bundle Block Adjustment Details



Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	1188144
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	407393
Mean Reprojection Error [pixels]	0.131

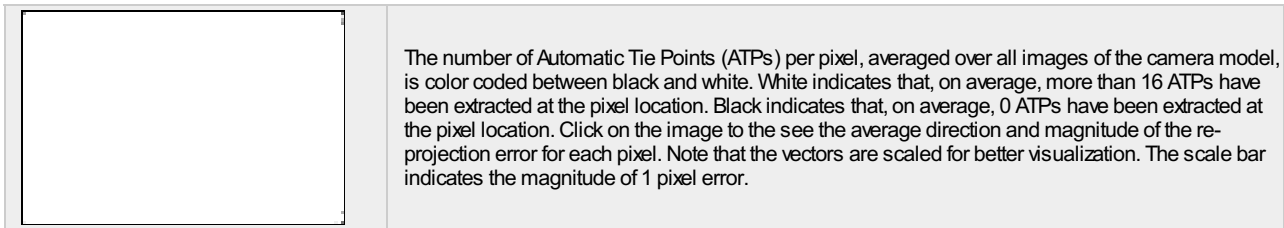
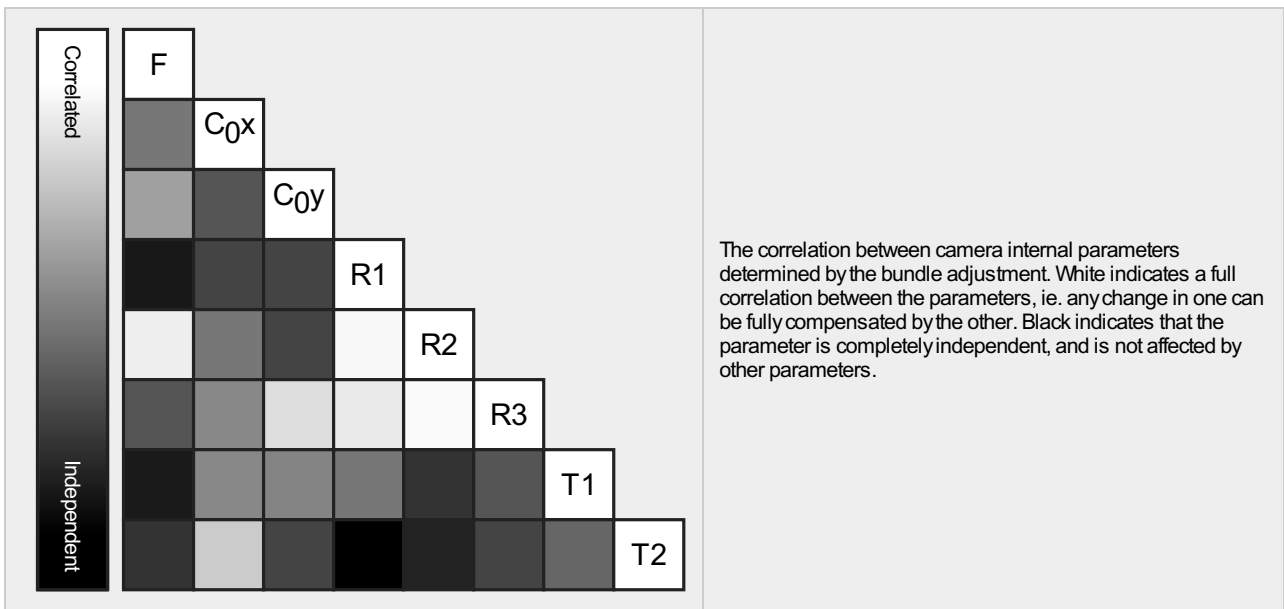
Internal Camera Parameters

S.O.D.A._10.6_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 13.133 [mm] x 8.755 [mm]



EXIF ID: S.O.D.A._10.6_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	4430.420 [pixel] 10.633 [mm]	2725.000 [pixel] 6.540 [mm]	1811.670 [pixel] 4.348 [mm]	0.033	-0.209	0.315	0.000	0.000
Optimized Values	4395.616 [pixel] 10.549 [mm]	2710.556 [pixel] 6.505 [mm]	1802.133 [pixel] 4.325 [mm]	0.029	-0.196	0.286	-0.002	-0.003
Uncertainties (Sigma)	0.394 [pixel] 0.001 [mm]	0.130 [pixel] 0.000 [mm]	0.135 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000



2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	16004	6656
Min	14531	2450
Max	24037	10194
Mean	16581	6638

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	268803
In 3 Images	62987
In 4 Images	27973
In 5 Images	15370
In 6 Images	9820
In 7 Images	6472
In 8 Images	4467
In 9 Images	3064
In 10 Images	2219
In 11 Images	1615
In 12 Images	1211
In 13 Images	1011
In 14 Images	752
In 15 Images	537
In 16 Images	390
In 17 Images	277
In 18 Images	184
In 19 Images	104
In 20 Images	75
In 21 Images	29
In 22 Images	20
In 23 Images	12

2D Keypoint Matches

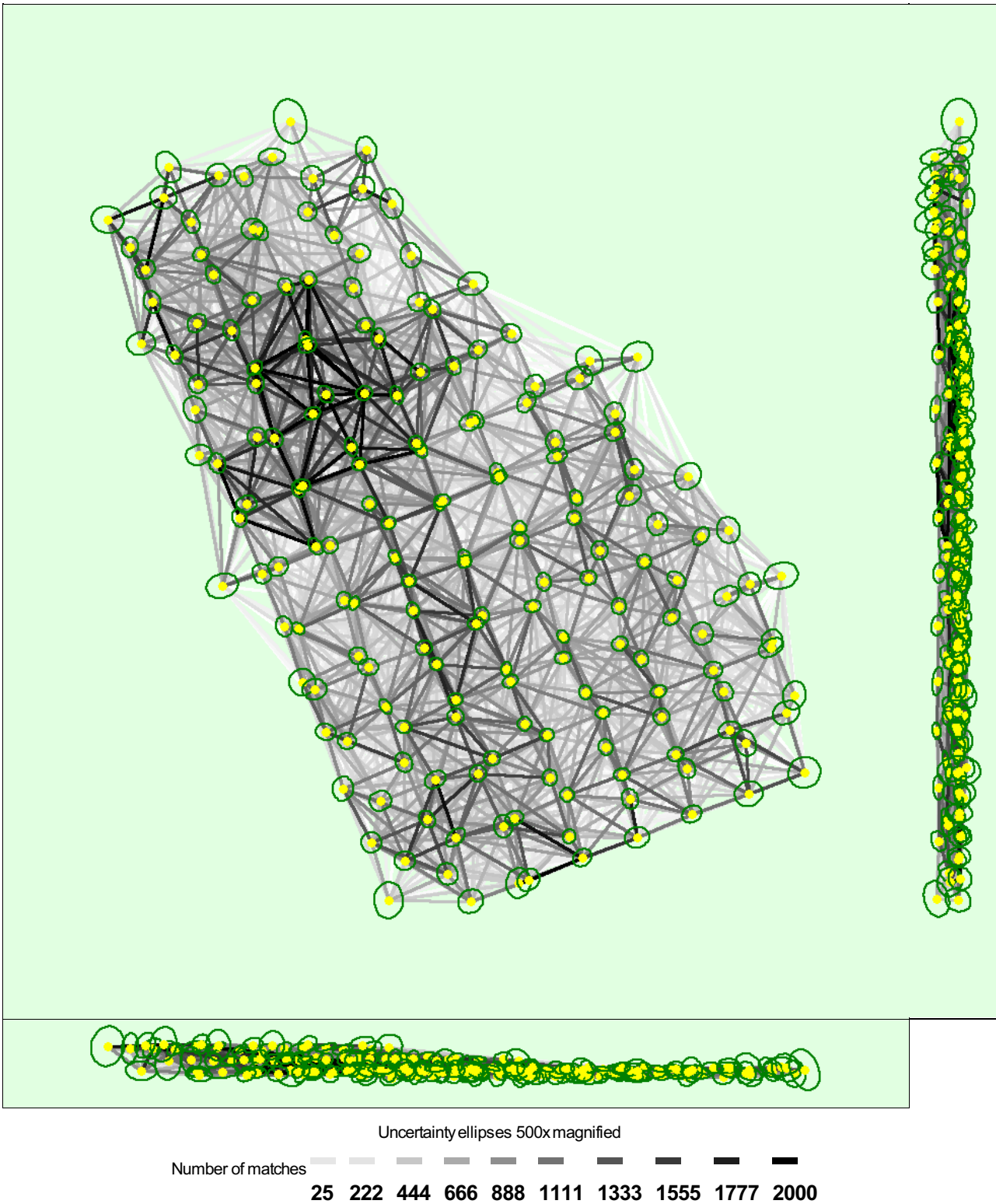


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty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

Relative camera position and orientation uncertainties

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.020	0.020	0.016	0.009	0.007	0.003
Sigma	0.005	0.005	0.007	0.003	0.002	0.001

Geolocation Details



Ground Control Points



GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
1 (3D)	0.020/ 0.020	0.007	-0.004	-0.001	0.557	17 / 17
2 (3D)	0.020/ 0.020	0.002	0.000	-0.008	0.408	16 / 16
3 (3D)	0.020/ 0.020	0.001	-0.008	0.001	0.457	14 / 14
4 (3D)	0.020/ 0.020	-0.011	0.003	0.000	0.587	17 / 17
5 (3D)	0.020/ 0.020	0.000	0.015	0.008	0.553	19 / 19
6 (3D)	0.020/ 0.020	-0.005	-0.005	0.003	0.673	17 / 17
7 (3D)	0.020/ 0.020	0.011	0.000	-0.001	0.433	18 / 18
8 (3D)	0.020/ 0.020	-0.007	-0.004	0.005	0.490	18 / 18
9 (3D)	0.020/ 0.020	0.001	0.003	-0.003	0.490	22 / 22
Mean [m]		-0.000008	-0.000059	0.000537		
Sigma [m]		0.006330	0.006407	0.004314		
RMS Error [m]		0.006330	0.006407	0.004347		

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

Absolute Geolocation Variance



Mn Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-1.80	0.00	0.56	3.35
-1.80	-1.44	0.56	0.00	2.23
-1.44	-1.08	3.35	0.00	6.70
-1.08	-0.72	7.26	1.12	5.59
-0.72	-0.36	7.26	26.26	7.82
-0.36	0.00	35.20	25.70	21.23
0.00	0.36	30.73	21.23	20.11
0.36	0.72	9.50	19.55	22.35
0.72	1.08	4.47	4.47	6.15
1.08	1.44	0.56	0.56	4.47
1.44	1.80	0.00	0.00	0.00
1.80	-	1.12	0.56	0.00
Mean [m]		0.402482	0.791749	-2.587155
Sigma [m]		0.590208	0.531108	0.730875
RMS Error [m]		0.714379	0.953385	2.688410

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

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	0.451756	0.801065	-2.538536

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance



Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	82.12	87.71	77.65
[-2.00, 2.00]	98.32	98.88	98.32

[-3.00, 3.00]	98.88	99.44	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	0.691916	0.691916	0.874313
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.073151	0.073151	0.064579

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

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	4.369
Phi	4.633
Kappa	12.717

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

Initial Processing Details



System Information



Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-6700HQ CPU @ 2.60GHz RAM: 16GB GPU: Intel(R) HD Graphics 530 (Driver: 26.20.100.7263)
Operating System	Windows 10 Home, 64-bit

Coordinate Systems



Image Coordinate System	WGS 84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 18S
Output Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 18S

Processing Options



Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Custom, Image Scale: 0.5
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details



Processing Options



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

Time for Point Cloud Densification	46m:08s
Time for Point Cloud Classification	12m:07s
Time for 3D Textured Mesh Generation	16m:57s

Results



Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	24942770
Average Density (per m ³)	37.79

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options

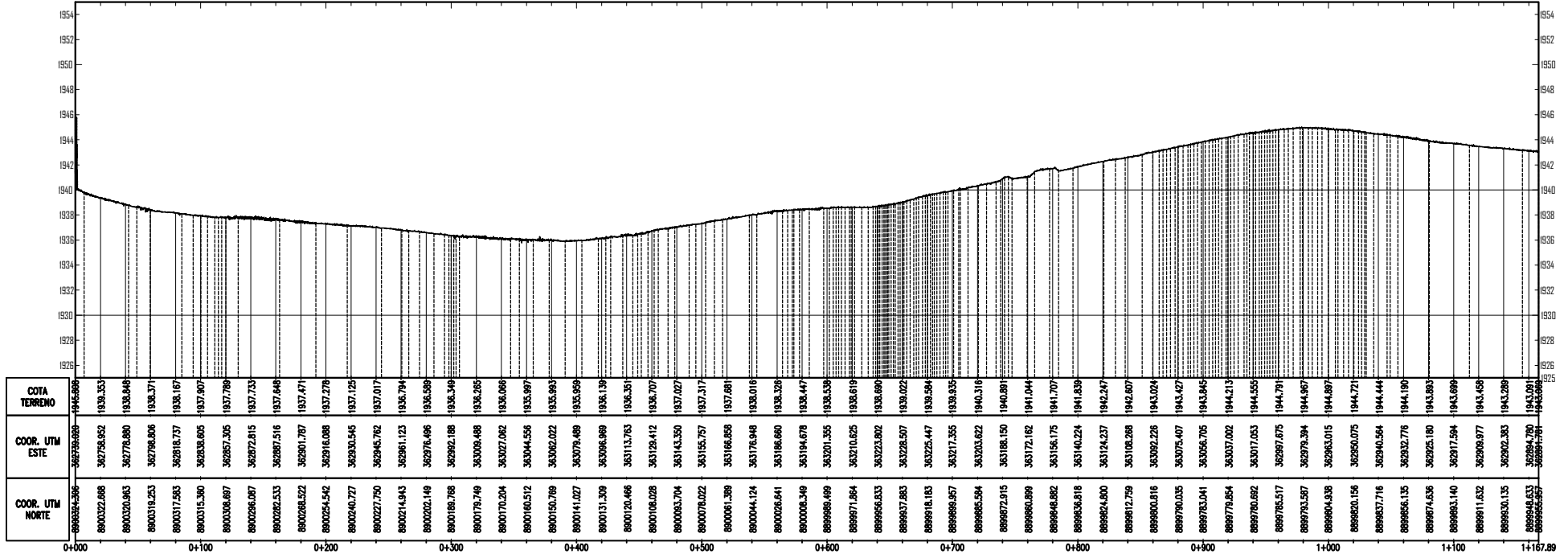


DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (4.14 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: yes
Grid DSM	Generated: yes, Spacing [cm]: 100
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 0.5 Resolution [cm]: 100 Minimum Line Size [vertices]: 20
Time for DSM Generation	30m:40s
Time for Orthomosaic Generation	01h:28m:50s
Time for DTM Generation	00s
Time for Contour Lines Generation	01m:59s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s

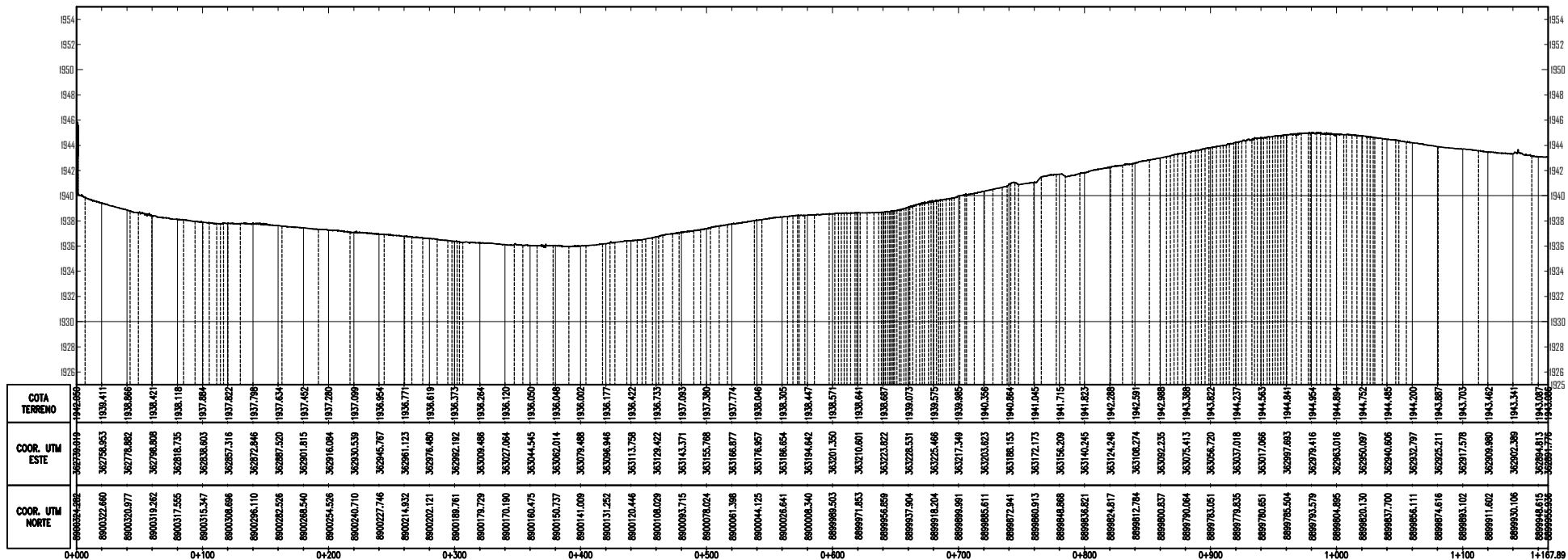
ORTOFOTO



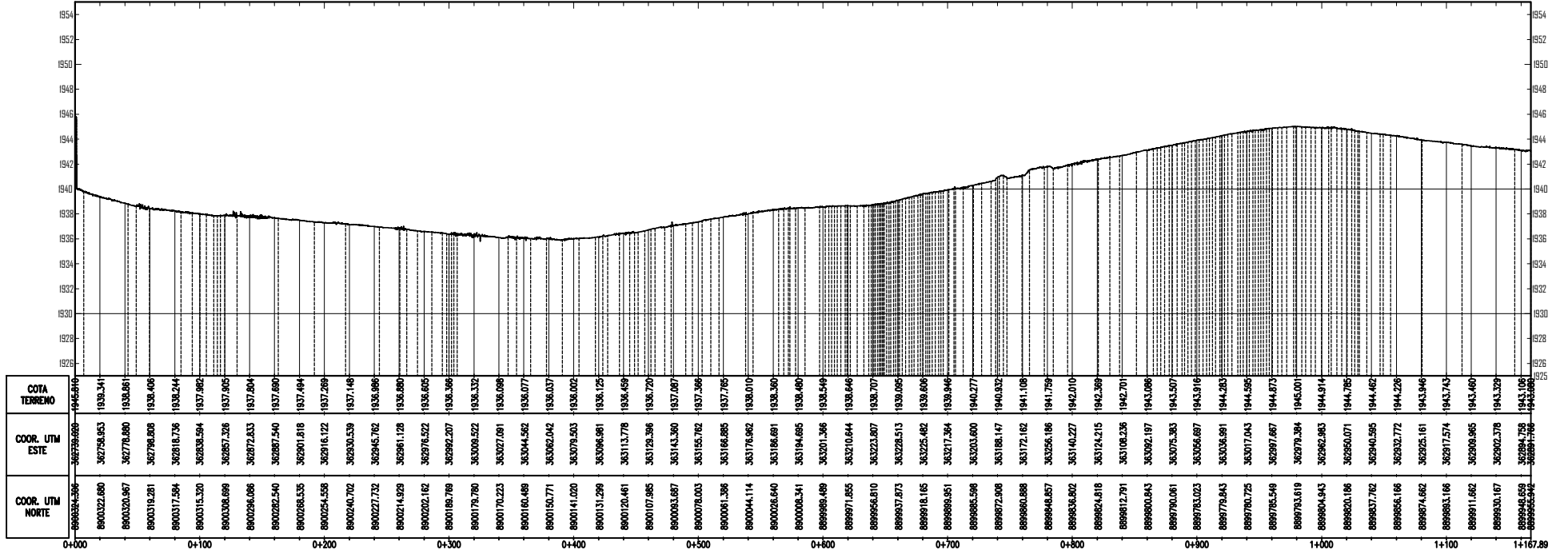
PERFIL: PERFIL EJE "0+000 - +168"
 Esc. Hz: 1:1000
 Esc. Vert: 1:100



PERFIL - PERFIL EJE "D-000 - I-168"
 Esc. H: 1:1000
 Esc. V: 1:100



PERFIL: PERFIL EJE "0+000 - 1+168"
 Esc. H: 1:1000
 Esc. V: 1:100





ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL DE TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL


En la ciudad universitaria de Cayhuayna, a los diecinueve días del mes de noviembre del 2020, siendo las 18:00 pm, se dará cumplimiento a la Resolución Virtual N°316-2020-UNHEVAL-FICA-D (Designando a la Comisión de Revisión y sustentación de tesis), y la Resolución Virtual N°325-2020-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 16.NOV.2020 (Fijando fecha y hora de sustentación virtual de tesis), en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, para lo cual, en virtud de la Resolución Consejo Universitario N° 0970-2020-UNHEVAL (Aprobando la Directiva de Asesoría y Sustentación Virtual de PPP, Trabajos de Investigación y Tesis), los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación virtual de tesis del alumno Carlos Rodny ALVARADO CALDERON de la carrera profesional de Ingeniería Civil, a través de la plataforma virtual del Cisco Meeting Webex.

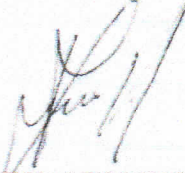
Finalizado el acto de sustentación virtual de tesis, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:


APELLIDOS Y NOMBRES	DICTAMEN	NOTA	CALIFICATIVO
ALVARADO CALDERON, Carlos Rodny	APROBADO	15	BUENO

Dándose por finalizado dicho acto a las: 19:45 del mismo día 19/11/2020, con lo que se dió por concluido y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES:


Víctor Manuel GOICOCHEA VARGAS
PRESIDENTE


Jorge ZEVALLOS HUARANGA
SECRETARIO


Elbio Fernando FELIPE MATIAS
VOCAL

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES		
VICERECTOR DE INVESTIGACIÓN	RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSION	FECHA	PAGINA
	OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	10/12/2020	1 de 2

ANEXO 2

AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICA DE PREGRADO

1. IDENTIFICACIÓN PERSONAL (especificar los datos del autor de la tesis)

Apellidos y Nombres: **ALVARADO CALDERON CARLOS RODNY**

DNI: **46924547** Correo electrónico: **rodny.al92@gmail.com**

Teléfonos: **062-281908** Casa: Celular: **973844699** Oficina:

2. IDENTIFICAR DE LA TESIS

Pregrado	
Facultad de :	INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
E. P. :	INGENIERÍA CIVIL

Título profesional obtenido:


INGENIERO CIVIL

Título de la tesis:

“ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN ENTRE LOS LEVANTAMIENTOS AEROFOTOGRAMETRICO REALIZADO CON EL DRON EBEE PLUS Y TOPOGRÁFICO REALIZADO CON EL GPS DIFERENCIAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN HUANUCO - 2019”

Tipo de acceso que autoriza el autor:

Marcar "X"	Categoría de Acceso	Descripción del Acceso
X	PÚBLICO	Es público y accesible al documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio.
	RESTRINGIDO	Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, más no al texto completo.

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES		
VICERECTOR DE INVESTIGACIÓN	RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSION	FECHA	PAGINA
	OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	10/12/2020	1 de 2

Al elegir la opción “público”, a través de la presente autorizo o autorizamos de manera gratuita al Repositorio Institucional – UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el Portal Web **repositorio.unheval.edu.pe**, por un plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita, pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla, siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente.

En caso haya(n) marcado la opción “Restringido”, por favor detallar las razones por las que se eligió este tipo de acceso:

Asimismo, pedimos indicar el periodo de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido:

- () 1 año
- () 2 años
- () 3 años
- () 4 años

Luego del periodo señalado por usted(es), automáticamente la tesis pasara a ser de acceso público.

Fecha de firma:

10 de Diciembre del 2020

Firma del autor:

CARLOS RODNY ALVARADO CALDERON

DNI: 46924547