



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO GEÓGRAFO Y DEL MEDIO AMBIENTE**

**TEMA: INTEGRACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA CATASTRAL
ESTANDARIZADA 2D Y 3D MEDIANTE CityGML.**

AUTOR: TELLO CASTELLANOS, JOHANA GABRIELA

DIRECTOR: Ing. SINDE GONZÁLEZ, IZAR MSc.

SANGOLQUÍ - ECUADOR

2019

CERTIFICADO DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “INTEGRACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA CATASTRAL ESTANDARIZADA 2D Y 3D MEDIANTE CityGML” fue realizado por la señorita Apellidos, **TELLO CASTELLANOS JOHANA GABRIELA**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, Fecha 22 de enero de 2019

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser la del Ing. Izar Sinde González, M. Sc.

Ing. Izar Sinde González, M. Sc
CI: 1756491278

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **TELLO CASTELLANOS JOHANA GABRIELA**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“INTEGRACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA CATASTRAL ESTANDARIZADA 2D Y 3D MEDIANTE CityGML”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 22 de Enero de 2019

Una firma manuscrita en tinta azul que dice 'Johana Tello Castellanos' sobre una línea de puntos.

Tello Castellanos Johana Gabriela

CI:1720983137

AUTORIZACIÓN**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN****CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO
AMBIENTE****AUTORIZACIÓN**

Yo, TELLO CASTELLANOS JOHANA GABRIELA, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "INTEGRACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA CATASTRAL ESTANDARIZADA 2D Y 3D MEDIANTE CityGML" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 22 de Enero de 2019

.....
Firma manuscrita en azul de Johana Gabriela Tello Castellanos.
Tello Castellanos Johana Gabriela

CI: 1720983137

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado en primer lugar Dios que me ha protegido en todos los segundos de mi existencia, quien me ha bendecido con una familia extraordinaria, a la cual dedico este proyecto y a lo largo de mi vida dedicaré todo mi trabajo y amor incondicional.

A mis ángeles en la tierra Patricia y Carlos, los responsables de mi existencia aquí y ahora, los que, con esfuerzo, trabajo constante e infinito amor han dedicado sus vidas a cuidarnos y enseñarnos a ser seres de bien a mí y a mis hermanos, de manera especial a ti mamita que con tu manera aguerrida nos has tomado de la mano, hemos caminado y superado muchas cosas juntos.

A la extensión de mi vida, mis hermanos Sofía y Daniel, los que con sus abrazos me llenan de paz en momentos difíciles, siempre me han cuidado, guiado, apoyado, han llenado mi alma de fuerza, risas, amor y buenos momentos, a Ricardo con quien descubrí que los lazos de hermandad superan el tiempo.

A mis abuelitos Rebeca, Margarita y Enrique quienes han cuidado, amado y formado como personas de bien a mis padres y a toda su descendencia.

En memoria de mi bisabuelita Enma, que nos cuida desde cualquier parte del Universo, siempre te recordaremos con amor.

A mi compañero de aventuras, Patricio, has sido mi apoyo incondicional a lo largo de esta experiencia, eres el ser que llena mi corazón y fortalece mi alma en cualquier instante.

A todas las personas que han estado en mi caminar y han dejado huella en mí.

Mi amor entero y agradecimiento a todos ustedes son la alegría e inspiración de cada uno de mis días.

Johana Gabriela Tello Castellanos

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Universo y a Dios por permitirme tener esta experiencia, porque entre tantas probabilidades me han regalado mi existencia y me han bendecido con el amor de mi familia

A mis papis y hermanos que han permanecido en lluvia y sol, realizando conmigo este proyecto, han estado conmigo cuidándome siempre, me han regalado su amor permanente; son mi sostén en todo momento, no tengo palabras para agradecer todo lo que hacen por mí, todo es para y por ustedes.

A mis abuelitos, tíos y primos que han estado en cada paso de mi vida, contribuyendo en mi crecimiento y apoyándonos en toda circunstancia.

Gracias a mis amores de cuatro patas Moshi, Zeus, Cayetano, Otto, a mi princesa Sol, que me han compartido la dulzura de sus almas, mostrándome en su mirada la existencia de la bondad, aunque ya no estén en esta dimensión los llevo en mi corazón y recuerdos.

De todo corazón quiero agradecer a Dennys y Santy, quienes me han ayudado en el trabajo de campo y han compartido sus conocimientos conmigo.

A mis amigos y compañeros Verónica, Michelle M., Yandry, Michelle, Álvaro; mejor conocidos como mores y Washi, gracias por tanto; a Omar, Raquel, Kerby, Darío, Dev, Ali, Gabita, Jonathan, Juan, Francisco, con quienes compartí diferentes etapas, gracias por los mejores años universitarios.

A mi grupo de agricultura de precisión Pedro, Daniba y DaniO, gracias por los días y las noches de trabajos, por apoyarnos y sobre todo gracias por su cariño y amistad, somos el mejor equipo.

A Sulay, Daniela y Lliana, gracias por todas las aventuras del colegio, por su amistad sincera y perdurable en el tiempo.

A mi cómplice y compañera de vida, Abigail, te agradezco por todas las etapas que hemos vivido juntas, nuestra infancia llena de juegos, nuestra adolescencia llena de risas y descubrimientos, y ahora la juventud, que la vida siempre nos mantenga juntas.

A Patricio que me ha ayudado en todo momento sin dudar un segundo, gracias por estar a mi lado en todo este proceso, por tu cariño, tus detalles, te agradezco por crecer juntos y por la felicidad que me brindas.

De igual manera quiero agradecer a Oswaldo, Sofía, Javier, quienes me han dado su apoyo total, han confiado en mi trabajo y me han enseñado que se puede hacer lo imposible.

Gracias Geoint.

A mi director de tesis Ing. Izar Sinde y al Ing. Cesar Leiva por su tiempo y oportuna asesoría en la elaboración de este trabajo.

Gracias a todas las personas que me encontré en la vida, quienes me enseñaron a ver, sentir y vivir desde otras perspectivas, finalmente agradezco al arte en todas sus expresiones por alimentar de creatividad el espíritu humano.

Johana Gabriela Tello Castellanos

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xvii
CAPÍTULO I	1
1. ASPECTOS GENERALES	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Justificación e importancia.....	3
1.4. Zona de Estudio.....	4
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo general	5

1.5.2. Objetivos específicos	5
1.6. Metas	5
1.7. Hipótesis.....	6
CAPÍTULO II	7
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Fundamento teórico.....	7
2.1.1. Cartografía catastral urbana.....	7
2.1.2. Catastro.....	8
2.1.3. Catastro predial.....	8
2.1.4. Catastro digital 3D.....	8
2.1.5. Lote.....	9
2.1.6. Predio.....	10
2.1.7. Clave catastral.....	10
2.2. Conceptos fotogramétricos.....	11
2.2.1. Fotogrametría digital	11
2.2.2. Vehículos aéreos no tripulados.....	11
2.3. Planificación de vuelo	13
2.3.1. Puntos de control terrestre	14
2.3.2. Ground simple distance (GSD).....	14

2.3.3.	Traslado longitudinal y transversal.....	15
2.3.4.	Tipo de mallado UAV	17
2.4.	Productos fotogramétricos.....	19
2.4.1.	Modelo digital de elevaciones (DEM).....	19
2.4.2.	Modelo digital del terreno (DTM).....	19
2.4.3.	Modelo digital de superficie (DSM).....	20
2.4.4.	Ortomosaico.....	21
2.5.	Software de procesamiento	21
2.5.1.1.	Trimble business center (TBC).....	21
2.5.1.2.	Dron2Map	21
2.5.1.3.	Pix4D	22
2.5.1.4.	ArcgisPro	22
2.6.	Intercambio de datos y modelos tridimensionales	23
2.6.1.	Modelo urbano tridimensional.....	23
2.6.2.	Web map service OGC	23
2.6.3.	CityGML	24
2.6.4.	Open Geospatial Consortium (OGC)	25
2.7.	Fundamento legal	25
2.7.1.	Norma internacional NSSDA	26

2.7.2. Norma del catastro en Ecuador.....	26
CAPÍTULO III	28
3. METODOLOGÍA	28
3.1. Recopilación de la información catastral 2D	30
3.2. Planificación del vuelo fotogramétrico	31
3.2.1. Puntos de control fotogramétrico GCPs	31
3.2.2. Parámetros de ejecución del vuelo con UAV	35
3.3. Generación de Ortomosaico ortogonal.....	36
3.4. Digitalización y elaboración de la cartografía catastral	39
3.5. Generación de modelo tridimensional.....	47
3.6. Extracción automática de edificaciones	57
3.7. Validación de la exactitud posicional.....	58
3.8. Generación del visualizador web	63
3.9. Transformación de formato. sph a formato gml.....	64
CAPÍTULO IV	67
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
4.1. Puntos de control fotogramétrico GCPs.....	67
4.2. Generación del ortomosaico ortogonal.....	69
4.3. Generación de la cartografía bidimensional.....	74

4.4.	Generación de modelo tridimensional texturizado.....	76
4.5.	Transformación de cartografía catastral 2D a 3D en forma vectorial.	78
4.6.	Validación de la cartografía catastral 2D y 3D mediante la normativa NSSDA	79
4.6.1.	Exactitud posicional horizontal aplicada sobre el ortomosaico.....	79
4.6.2.	Exactitud posicional horizontal y vertical aplicada sobre el modelo tridimensional texturizado.....	80
4.7.	Integración de la cartografía catastral 2D y 3D en un visualizador web.....	82
4.8.	Estandarización de la cartografía 3D a formato CityGML.	85
4.8.1.	Tamaño y tipo de archivo	87
CAPÍTULO IV		88
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
5.1.	Conclusiones	88
5.2.	Recomendaciones.....	89
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
7.	ANEXOS	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Especificaciones técnicas del UAV Phantom 4 Pro V2</i>	12
Tabla 2. <i>Porcentajes de traslapo para generación de cartografía catastral.</i>	16
Tabla 3. <i>Coordenadas de los puntos de control fotogramétrico post-procesados.</i>	32
Tabla 4. <i>Especificaciones técnicas de equipos GNSS</i>	33
Tabla 5. <i>Especificaciones técnicas para el posicionamiento de los GCPs</i>	34
Tabla 6. <i>Determinación del tamaño del GSD en diferentes alturas del área de estudio.</i>	35
Tabla 7. <i>Parámetros del plan de vuelo para la generación del mosaico ortogonal</i>	36
Tabla 8. <i>Información GNSS/IMU detectada por el UAV para la generación del ortomosaico ortogonal</i>	37
Tabla 9. <i>Parámetros de vuelo para la generación del modelo tridimensional.</i>	47
Tabla 10. <i>Ajuste de las especificaciones de procesamiento dentro de la pestaña Initial.</i>	53
Tabla 11. <i>Ajuste de las especificaciones de procesamiento dentro de la pestaña Dense.</i>	54
Tabla 12. <i>Ajuste de las especificaciones de procesamiento dentro de la pestaña Products 2D.</i> ..	55
Tabla 13. <i>Ajuste de las especificaciones de procesamiento dentro de la pestaña Products 3D.</i> ..	56
Tabla 14. <i>Resumen de las características generales del procesamiento para generación de ortomosaico ortogonal.</i>	70
Tabla 15. <i>Control de calidad del procesamiento de la generación del ortomosaico.</i>	71
Tabla 16. <i>Posición absoluta de la cámara e incertidumbres de orientación.</i>	71
Tabla 17. <i>Identificación del catálogo de bloques en el área de estudio.</i>	75
Tabla 18. <i>Reporte de procesamiento del modelo tridimensional texturizado.</i>	77
Tabla 19. <i>Aplicación de la norma NSSDA para los componentes x,y</i>	80

Tabla 20. <i>Aplicación de la norma NSSDA para los componentes x,y,z</i>	81
Tabla 21. <i>Exactitud posicional de productos cartográficos bidimensionales y tridimensionales</i>	82
Tabla 22. <i>Tamaño de los archivos respecto a sus formatos.</i>	87

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Mapa de ubicación del conjunto "Portón de Cádiz"	4
<i>Figura 2.</i> Visualización del catastro del Distrito Metropolitano de Quito.	7
<i>Figura 3.</i> Modelo tridimensional de la Universidad de los Andes – Bogotá.	9
<i>Figura 4.</i> Modelo de lotización dentro del DMQ.	9
<i>Figura 5.</i> Modelo de división predial dentro del DMQ.	10
<i>Figura 6.</i> Estructura de la clave catastral INEC.	11
<i>Figura 7.</i> Drone quadricóptero Phantom 4.	12
<i>Figura 8.</i> Toma de puntos de control GCP.	14
<i>Figura 9.</i> Movimiento del UAV en el traslapo longitudinal y transversal.	16
<i>Figura 10.</i> Mallado doble sobre el área de estudio.	17
<i>Figura 11.</i> Mallado simple sobre el área de estudio.	18
<i>Figura 12.</i> Mallado circular sobre el área de estudio.	18
<i>Figura 13.</i> Nube de puntos en la generación de un DTM.	20
<i>Figura 14.</i> Nube de puntos en la generación de un DSM.	20
<i>Figura 15.</i> Fases de la metodología para la elaboración del proyecto de investigación.	29
<i>Figura 16.</i> File Geodatabase del Municipio Metropolitano de Quito.	30
<i>Figura 17.</i> Materialización de los GCPs.	31
<i>Figura 18.</i> Posprocesamiento en el software Trimble Business Center.	32
<i>Figura 19.</i> Pasos iniciales para la generación del ortomosaico.	38
<i>Figura 20.</i> Pinchado de los puntos de control	38
<i>Figura 21.</i> Configuraciones para la generación del DSM y ortomosaico.	39

Figura 22. Herramientas de edición de la aplicación Survey 123.....	40
Figura 23. Ficha predial urbana offline aplicada para el Conjunto Portón de Cádiz.	41
Figura 24. Levantamiento de la ficha catastral offline.....	42
Figura 25. Levantamiento de información para la identificación del lote	43
Figura 26. Levantamiento de información para la identificación de las características del propietario, poseedor o posesionario del lote.	43
Figura 27. Levantamiento de las características generales del lote.....	44
Figura 28. Levantamiento de información de uso de suelo.....	45
Figura 29. Levantamiento de información acerca de las características constructivas de las edificaciones.	45
Figura 30. Levantamiento de información sobre los datos del informante.....	46
Figura 31. Planificación del vuelo para la generación del modelo tridimensional.	48
Figura 32. Posicionamiento de marcas de control terrestre.	48
Figura 33. Generación del template 3D Mapping en la plataforma Drone2Map.....	49
Figura 34. Anexo de imágenes generadas por UAV en la plataforma Drone2Map.....	50
Figura 35. Definición de parámetros en la herramienta Image Properties.....	51
Figura 36. Importación de GCPs dentro de la plataforma Drone2Map.	51
Figura 37. Pinchado de puntos de control dentro de la herramienta Manage GCPs.....	52
Figura 38. Recorte del área de procesamiento e inicio del modelamiento 3D.....	57
Figura 39. Proceso de extrusión de polígonos.....	58
Figura 40. Distribución de puntos de verificación para la exactitud posicional.	62
Figura 41. Generación de Web Scene dentro de Arcgis Online	63
Figura 42. Generación de widgets para la aplicación web.....	64

Figura 43. Inclusión de <i>reader</i> en FME Workbench	65
Figura 44. Formato <i>output</i> de transformación.....	65
Figura 45. Parámetros de transformación de formatos.	66
Figura 46. Distribución de puntos de control fotogramétrico dentro del área de estudio.....	68
Figura 47. Detalle de los fotogramas capturados por el UAV.	69
Figura 48. Propiedades de los fotogramas capturados por el UAV.	69
Figura 49. Ortomosaico de la zona de estudio con precisión de 1 cm	73
Figura 50. División de los bloques constructivos dentro del Conjunto Portón de Cádiz.....	74
Figura 51. División predial del área de estudio.....	76
Figura 52. Modelo tridimensional texturizado.....	78
Figura 53. Migración de la cartografía catastral 2D a 3D	79
Figura 54. Integración de cartografía catastral 2D y 3D.	83
Figura 55. Integración de widgets a la aplicación catastral.....	83
Figura 56. Integración de pop up a la aplicación catastral.	85
Figura 57. Estandarización bajo el modelo de datos CityGML	86
Figura 58. Visualización del archivo “IntegraciónCartografia2Dy3D”	86

RESUMEN

El catastro debe garantizar un registro de documentos cartográficos y datos descriptivos que caracterizan al suelo y a las construcciones de cada inmueble, si es realizado de forma lógica, sistemática y georreferenciada en una base de datos. El presente proyecto establece una metodología para la integración de la cartografía catastral estandarizada 2D y 3D del conjunto habitacional “Portón de Cádiz”. Este trabajo se ejecutó mediante fotogrametría digital utilizando información proveniente de UAV, apoyado en software de procesamiento como Drone2Map, ArcgisPro, y FME, convirtiendo la cartografía catastral urbana 2D en modelos urbanos virtuales 3D, Mediante la normativa National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSA), se realizó el control de calidad de los productos cartográficos bidimensionales y tridimensionales. Los resultados muestran una exactitud posicional horizontal en el ortomosaico de 0.095 m y para el modelo tridimensional texturizado una exactitud posicional horizontal de 0.125 m y una exactitud posicional vertical de 0.068 m; ambos productos cartográficos cumplen con la tolerancia requerida por la Norma Ecuatoriana A2. Se concluye que la integración de la cartografía catastral mediante esta metodología propuesta permite una visualización del catastro tridimensional en una plataforma web, cumpliendo con la precisión horizontal y vertical de las edificaciones, así como también agiliza la búsqueda de las características constructivas. Además, se comprobó que la estandarización al modelo de datos CityGML es viable mediante el Software FME, y se realiza a través del lenguaje de etiquetas. Este modelo de datos agiliza la transferencia de información y reduce significativamente el peso de los archivos.

PALABRAS CLAVE:

- **CARTOGRAFÍA TRIDIMENSIONAL**
- **CITYGML**
- **INTEGRACIÓN 2D Y 3D**

ABSTRACT

Cadastral should guarantee a registry of cartographic documents and descriptive data that characterizes the land and buildings of each property, and it will happen only when it is carried out in a logical, systematic and georeferenced way in a database. The following study establishes a methodology for the integration of the standardized cadastral cartography 2D and 3D in the residential "Portón de Cádiz". This work was executed through digital photogrammetry using information from an UAV that was supported by some processing softwares such as Drone2Map, ArcgisPro, and FME, which allowed us to convert 2D urban cadastral cartography to 3D virtual urban models. Then, through the National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSA), the quality control of the two-dimensional and three-dimensional cartographic products were carried out, where the results show a horizontal positional accuracy of 0.095 m in the ortomosaic, for the textured three-dimensional model a horizontal positional accuracy of 0.125 m, and a vertical positional accuracy of 0.068 m. Concluding that both cartographic products fulfilled with the tolerance required by the Ecuadorian Standard A2. As a conclusion, it is established that the integration of the cadastral cartography through the proposed methodology allows a visualization of the three-dimensional cadastral in a web platform, fulfilling with the horizontal and vertical precisions, as well as it optimizes the search of the constructive characteristics. In addition, it was proved that the standardization of the CityGML data model is viable through FME Software, and it is done through a label language. This data model speeds up the transfer of information and significantly reduces the weight of the files.

KEYWORDS:

- **THREE-DIMENSIONAL CARTOGRAPHY**
- **CITYGML**
- **INTEGRATION 2D AND 3D**

CAPÍTULO I

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. Planteamiento del problema

El catastro físico debe garantizar un registro de documentos cartográficos y datos descriptivos que caracterizan al suelo y a las construcciones de cada inmueble. Actualmente los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) tienen la obligación de levantar el catastro de su territorio, esta información se la puede visualizar en 2D anexo a una base de datos catastral.

El presente proyecto mediante el empleo de UAVs propone un modelamiento del catastro en 3D bajo los estándares de la normativa NSSDA y del Open Geospatial Consortium (OGC), donde se integrando la base de datos alfanumérica levantada por el Municipio Metropolitano de Quito y el modelamiento 3D realizado por el autor para finalmente visualizarlo en un portal web.

1.2. Antecedentes

El catastro rural y urbano es una herramienta que se ha extendido globalmente para la formulación de políticas de desarrollo urbano cuyo objetivo es registrar de forma lógica, sistemática, ordenada y georreferenciada en una base de datos integral e integrada (Acuerdo Ministerial 29, 2016).

La generación de cartografía catastral se ha realizado por mucho tiempo de forma tradicional, sin embargo, se ha demostrado que mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAVs) y equipo

fotogramétrico terrestres, es técnicamente viable. Además, la poca infraestructura física que se necesita tanto para la ejecución de las misiones aéreas como terrestres y el mínimo tiempo de adquisición de la información, hacen de esta metodología fácilmente replicable (Zurita, 2015).

Con la aparición de la fotogrametría digital y el empleo de UAVs, que combinan hardware y software para la obtención de resultados cartográficos de excelente calidad con menor tiempo de procesamiento y adquisición de información, así mismo como se ha logrado desarrollar modelos tridimensionales que cumplen con la normativa requerida (ISPRS, 2013). Estos modelos son obtenidos a partir de proyectos de fotogrametría mediante técnicas de vuelos utilizando como herramienta los UAVs, los cuales se han convertido en una alternativa a levantamientos de información tradicionales basadas en sistemas de posicionamiento global (GPS) o estaciones totales (Mozas-Calvache & Pérez-García, 2016).

El concepto de generación de un proyecto de catastro en 3D, implica la recopilación de información detallada y precisa de cada uno de los pisos constructivos, no solamente considerando la exactitud posicional y medidas constructivas en x, y, z sino en la información cualitativa catastral (Ojeda, 2014).

Para el almacenamiento y el intercambio de modelos virtuales de ciudades en 3D se ha desarrollado CityGML, que es un modelo de datos abierto con un formato basado en XML. Es un esquema de aplicación para el Geography Markup Language versión 3.1.1 (GML3), el estándar internacional extensible para el intercambio de datos espaciales emitido por el Open Geospatial Consortium (OGC) y el ISO TC211. CityGML tiene como objetivo lograr una definición común de las entidades básicas, los atributos y las relaciones de un modelo de ciudad 3D. Esto es

especialmente importante con respecto al mantenimiento sostenible y rentable de modelos de ciudades en 3D, lo que permite la reutilización de los mismos datos en diferentes campos de aplicación (Open Geospatial Consortium , 2008).

1.3. Justificación e importancia

En los últimos años se ha observado un interés creciente en los modelos de ciudades virtuales 3D, lo que originando las posibilidades de uso de los modelos en múltiples áreas de aplicación como: elaboración de proyectos de arquitectura, urbanismo e ingeniería civil, donde estos constituyen un instrumento muy útil en la evaluación y toma de decisiones así también como en el análisis y simulación de diversos fenómenos y situaciones de emergencia en el entorno urbano. La modelación en 3D con información de interés es una línea base para proyectos de modelación de desastres naturales, propagación de contaminantes y del ruido, planificación territorial, etc.

El presente proyecto en conjunto con la fotogrametría digital, software de procesamiento como Drone2map, ArcgisPro, y FME, permite el proceso de conversión de bases de información urbana 2D en modelos urbanos virtuales 3D. El resultado del procesamiento es un modelo urbano virtual con especificación estándar en tres dimensiones, que será una herramienta en la gestión municipal dando un salto hacia la geoinformación virtual.

1.4. Zona de Estudio

El presente proyecto se desarrollará en el conjunto residencial “Portón de Cádiz”, ubicado en la Av. Simón Bolívar y Av. General Rumiñahui. El área de estudio se encuentra dentro del barrio San Francisco, perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), con una densidad constructiva alta y un área de 6,85 ha (ver *Figura 1*).

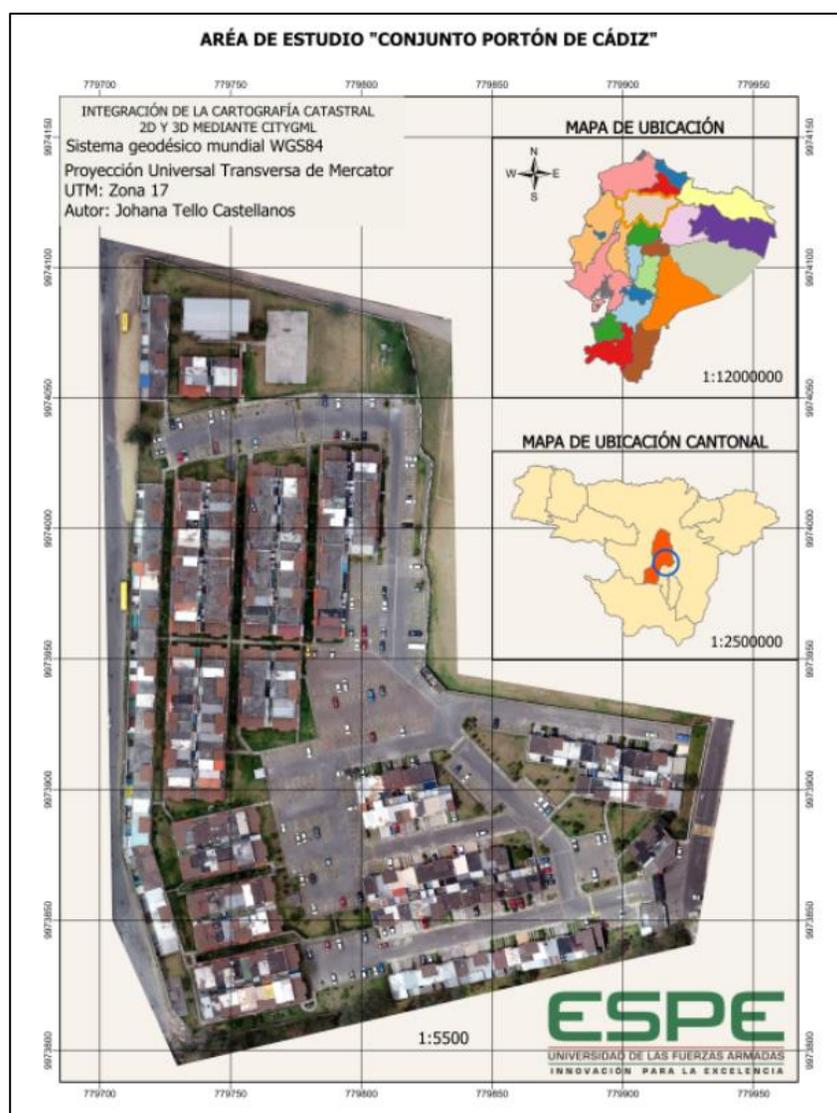


Figura 1. Mapa de ubicación del conjunto "Portón de Cádiz"

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Integrar en una plataforma web la información catastral estandarizada 2D y 3D del “Conjunto Habitacional Portón de Cádiz”, mediante el uso de fotogrametría digital y parámetros cartográficos, para obtener un modelo urbano virtual estandarizado mediante CityGML, validado por la normativa NSSDA y los estándares de la OGC.

1.5.2. Objetivos específicos

- Obtener de modelos 3D del área de estudio mediante el uso de UAV Phantom 4 Professional.
- Elaborar un ortomosaico de 6 ha formato .tiff a escala 1:1000 con un gsd de 1.5 cm.
- Validar la calidad posicional de la cartografía digital 2D y los modelos digitales 3D.
- Integrar la información 2D y 3D mediante el modelo de datos de CityGML bajo los estándares del OGC.
- Realizar consultas catastrales en una plataforma web que contendrá el catastro 3D.

1.6. Metas

- Modelamiento tridimensional de 300 edificaciones en la zona de estudio.

- Un ortomosaico de 6 ha, formato .tiff a escala 1:1000 y una nube de puntos formato .las de la zona de estudio.
- Un procedimiento para evaluar la calidad posicional de los productos cartográficos 2D y 3D para escala 1:1000.
- Una matriz de cumplimiento de la exactitud posicional entre los productos cartográficos y la normativa NSSDA.

1.7. Hipótesis

La integración de la cartografía catastral 2D y 3D en una plataforma web permite la validación de la precisión horizontal, vertical de las edificaciones del área de estudio, así como también agiliza la búsqueda de las características constructivas de las edificaciones.

La metodología presentada en este proyecto de investigación propone una vía rápida y eficaz para la captura y el procesamiento de información geográfica mediante el uso de UAVs con fines catastrales en tres dimensiones.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamento teórico

2.1.1. Cartografía catastral urbana

Es una base de datos gráficos y alfanuméricos que se almacenan dentro de un sistema. Es aplicada al territorio como herramienta indispensable para la gestión catastral, tiene como objetivos georreferenciar bienes inmuebles, asignar una referencia catastral, mediciones precisas de superficies, avalúo de propiedades, recolección de las características físicas, económicas y jurídicas de los bienes inmuebles. Generalmente debe estar en escala 1:500 o 1:1000 (ver *Figura 2*), donde debe constar los límites de los lotes y predios los que son almacenados como poligonales cerradas formadas por cadenas de vértices en forma de coordenadas x,y utilizando un sistema de proyección y un marco de referencia (Conejo & Virgós, 2015).



Figura 2. Visualización del catastro del Distrito Metropolitano de Quito.

2.1.2. Catastro

Se puede concebir al catastro como un sistema dinámico que se sostiene por un conjunto de bases de datos sincronizadas e integradas, que suministran información acerca del registro y la propiedad del suelo, características físicas, zonificación, estado jurídico, datos ambientales, socioeconómicos y demográficos, con el objetivo de trabajar como herramienta para la distribución equitativa de la carga tributaria, promover la seguridad de la propiedad inmobiliaria, y crear bases para la planificación local y nacional (Erba & Águila, Catastro Multifinalitario aplicado a la definición de políticas de suelo urbano, 2007).

2.1.3. Catastro predial

El catastro predial se estructura como un inventario de bienes inmuebles ubicados en cada una de las jurisdicciones territoriales cantonales o distritales metropolitanas tanto de las zonas urbanas como de las rurales (Mogrovejo, 2010).

2.1.4. Catastro digital 3D

El catastro 3D persigue iguales objetivos de un catastro 2D, incrementando un parámetro z que está regido aun sistema de alturas. La base de datos contiene la posición espacial x,y,z (ver *Figura 3*), de los objetos territoriales y parcelas en el espacio (Erba, Noguera, & Mangiaterra, 2015).



Figura 3. Modelo tridimensional de la Universidad de los Andes – Bogotá.

2.1.5. Lote

Es la menor entidad territorial en donde se asienta un predio rural o urbano ya sean de carácter jurídico o natural, se halla generalmente delimitado por accidentes geográficos, vías u otros lotes. Se considera como lote a los términos: solar, suelo, terreno (Acuerdo Ministerial 29-16, 2015).

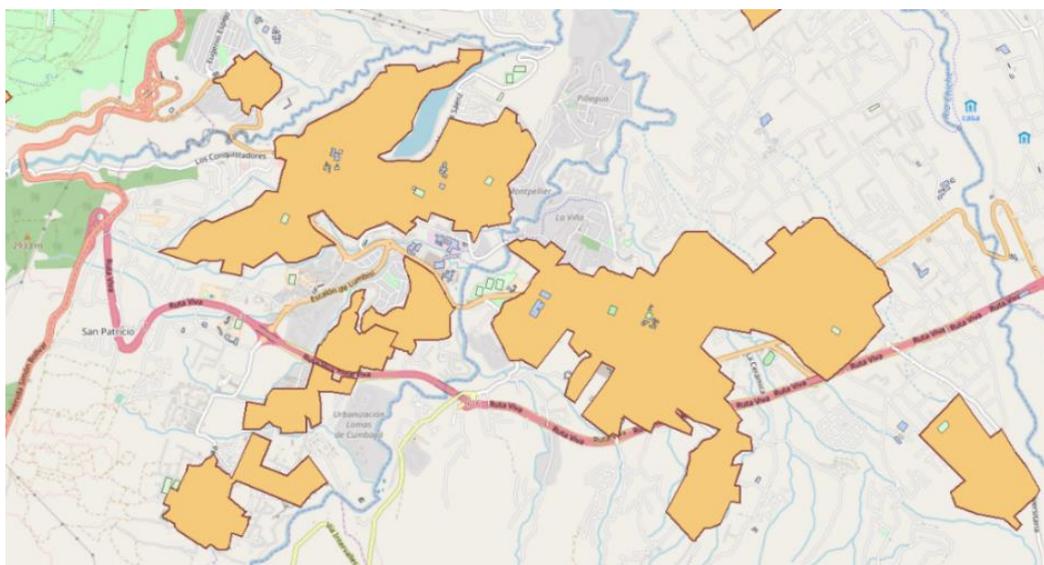


Figura 4. Modelo de lotización dentro del DMQ.

2.1.6. Predio

Es la mínima unidad considerada dentro del catastro, se denomina al bien inmueble de extensión territorial continua, delimitado geográficamente por uno o más títulos de propiedad, una posesión o una ocupación ejercida. Se considera como predio el término: parcela catastral (Acuerdo Ministerial 29-16, 2015).

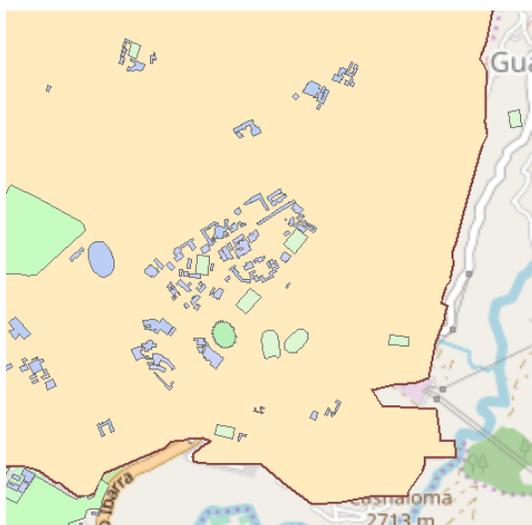


Figura 5. Modelo de división predial dentro del DMQ.

2.1.7. Clave catastral

Es el código único y exclusivo que es empleado para identificar geográficamente a un objeto catastral dentro de un área urbana, este código. Se conformará por 24 dígitos, (ver *Figura 6*), en los que consta 2 dígitos para cada provincia, cantón y parroquia, 3 dígitos de zona y sector; 2 dígitos para manzana, lote, bloque y finalmente 3 dígitos para piso y propiedad horizontal (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos , 2017).

PRO	CAN	PAR	ZON	SEC	MAN	LOTE	BLOQUE	PISO	UNIDAD											

Figura 6. Estructura de la clave catastral INEC.

2.2. Conceptos fotogramétricos

2.2.1. Fotogrametría digital

La fotogrametría digital es una técnica computarizada que automatiza el proceso de medición y mapeo de la fotogrametría tradicional, sus usos principales son el desarrollo de Modelo Digitales de Elevación (DEM) y generación de ortofotos (Gong, Biging, & Standiford, 2000).

2.2.2. Vehículos aéreos no tripulados

Son aeronaves o globos que no lleva un operador humano y capaces de volar bajo control remoto o programación autónoma (Department of Defense EEUU, 2011). A su vez son una plataforma de medición fotogramétrica controlada a distancia, que está equipada con una cámara, sistema de navegación inercial y sistema LIDAR (EisenbeiB, 2009); dada su versatilidad son utilizados en tecnologías comerciales, militares y de ingeniería, debido a que la captura de datos espaciales es un método efectivo, rápido, económico y permite obtener productos 2D y 3D (Gustafsson & Zuna, 2017).

El DJI Phantom 4 Pro/ Pro + (ver **Figura 7**), utiliza una cámara aérea inteligente con un sistema de detección de obstáculos en 5 direcciones formado por sensores de visión y de infrarrojos

que le permiten esquivar obstáculos de manera inteligente durante el vuelo, su cámara puede grabar videos en 4K a un máximo de 60 fotogramas por segundo y tomar fotografías de 20 megapíxeles con una nitidez gracias a su sensor CMOS (DJI, 2017).



Figura 7. Drone quadricóptero Phantom 4.

Para iniciar con la planificación del vuelo se debe recopilar las características del UAV con ello se logra determinando alturas máximas de vuelo, autonomía del equipo, y tamaño de píxel, tipo de mallado, cobertura longitudinal y transversal (ver **Tabla 1**).

Tabla 1.

Especificaciones técnicas del UAV Phantom 4 Pro V2

Phantom 4 Pro V2	
Características	Especificaciones
Estabilización	3 ejes (cabeceo, alabeo, guiñada)
Altitud de vuelo máxima	6000 m

Continúa →

Autonomía de vuelo	30 minutos aproximadamente
Intervalo controlable	Inclinación -90°a +30°
Precisión de control angular	$\pm 0,02^\circ$
Ángulo de inclinación máximo	42°(modo sport), 35° (modo Altitude), 25°(modo GPS)
Sensor	CMOS 1'', pixeles efectivos 20M
Objetivo	FOV (campo de visión) 84 °, 8,8 mm (equivalente a formato de 35mm:24mm)
Relación de aspecto de la imagen	4864*3648
Sistemas de posicionamiento por satélite	GPS/GLONAS
Precisión de vuelo estacionario	Vertical: $\pm 0,1$ m (con posicionamiento visual); $\pm 0,5$ m (con posicionamiento con GPS). Horizontal: $\pm 0,3$ m (con posicionamiento visual); $\pm 1,5$ m (con posicionamiento con GPS).

2.3. Planificación de vuelo

Un plan de vuelo se caracteriza por juntar variables que conjuntamente garantizarán productos fotogramétricos de calidad. Dentro de la planificación se debe considerar la altura del vuelo, la cantidad de imágenes, tipo de mallado, número de líneas de vuelos, cota máxima y mínima, sistema de referencia para el apoyo GPS, traslapo longitudinal y transversal (MAGAP, 2008; MAGAP, 2008).

2.3.1. Puntos de control terrestre

Las aplicaciones múltiples de fotogrametría se basan en sistemas aéreos no tripulados (UAV) debido a la adquisición de datos de bajo costo y alta de resolución espacial. Los puntos de control terrestres (GCP), (ver *Figura 8*) se utilizan en el proceso de georreferenciación indirecta y pueden aumentar la precisión en la georreferenciación de la información 3D y 2D; es decir, los GCPs conducirán a una mayor precisión de los resultados finales que pueden ser: nube de puntos, malla 3D u ortomosaico. La cantidad de GCP es proporcional al área y estos deben ser distribuidos homogéneamente. Se requiere un mínimo de tres puntos de control de tierra y para obtener una alta precisión de los productos finales, se recomienda una densidad de 1 GCP / 200 m² (Oniga, Breaban, & Statescu, 2018).



Figura 8. Toma de puntos de control GCP.

2.3.2. Ground sample distance (GSD)

La GSD es la unidad mínima de resolución espacial, considerada la distancia medida entre los centros de los píxeles del terreno (He, Li, & Zhang, 2012). La resolución espacial de un sensor

describe su geometría, calidad y determina qué tipo de objetos es capaz de identificar correctamente en la imagen, esta depende de la distancia focal, la altura del vuelo y del sensor con células fotoeléctricas que registran imágenes continuas (CCD), (Orych, 2015).

Donde:

$$GSD = CCD * \frac{z}{f * imW} * 100 \quad (1)$$

Fórmula 1. Cálculo del GSD (Ground sampling distance)

Fuente: (PIX4D, 2018)

CCD: Change Couple Device (CMOS/CCD)

z: Altura de vuelo

f: distancia focal de la cámara

imW: ancho de la imagen en pixel

2.3.3. Traslapo longitudinal y transversal

Los recubrimientos longitudinal y transversal son parámetros que se consideran al momento de planificar un vuelo fotogramétrico (ver **Figura 9**), el objetivo es aplicar el principio de la visión estereoscópica a los fotogramas aéreos; estos traslapos van a ser determinados mediante un porcentaje de área común entre fotogramas consecutivos (ver **Tabla 2**), el porcentaje de traslapo varía según la topografía del terreno, la inclinación del eje vertical y la variación en la altura del vuelo (López de la Sierra, 2014).

Tabla 2.

Porcentajes de traslapo para generación de cartografía catastral.

Tipo de terreno	Traslado longitudinal	Traslado transversal
Plano	60%	20%
Ondulado	65%	25%
Montañoso	70%	30%

Fuente: (IGM, 2006)

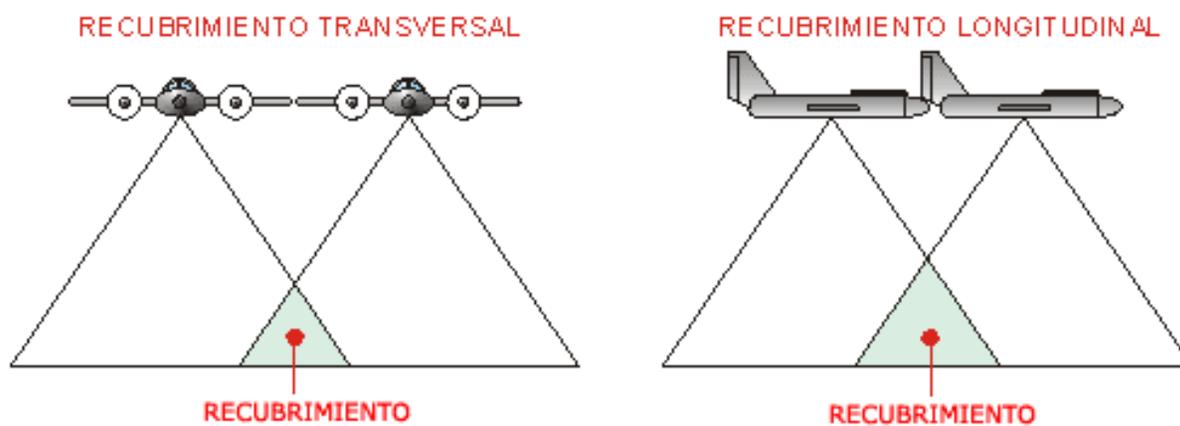


Figura 9. Movimiento del UAV en el traslapo longitudinal y transversal.

2.3.4. Tipo de mallado UAV

Se describe como la forma en que el UAV se desplaza para la captura de los fotogramas; el vuelo puede ser ejecutado de forma autónoma y manual. De forma manual el usuario tiene el control total sobre el movimiento del UAV mientras que de forma autónoma la plataforma de control brinda opciones como: el mallado doble (ver *Figura 10*) que describe un desplazamiento transversal intersecando las líneas de vuelo longitudinales, el mallado simple (ver *Figura 11*) donde el desplazamiento es longitudinal formando líneas de vuelo paralelas y finalmente el mallado circular (ver *Figura 12*) donde el desplazamiento cubre el área de interés a 360 grados.

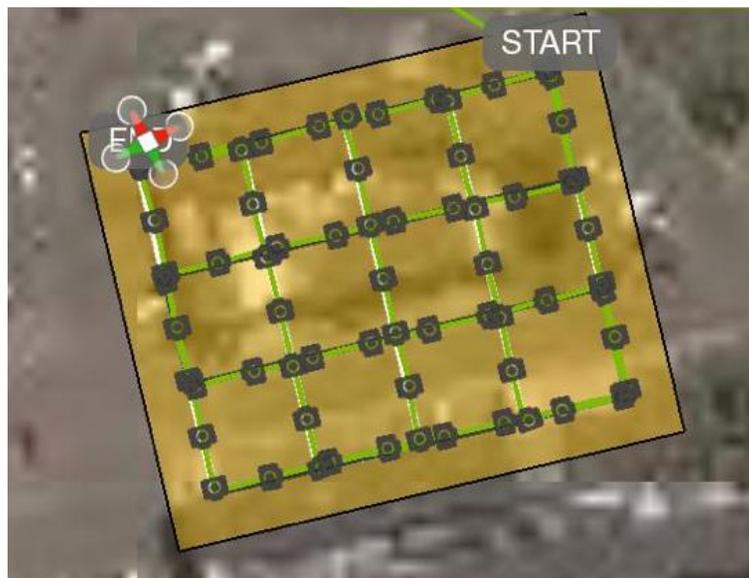


Figura 10. Mallado doble sobre el área de estudio.



Figura 11. Mallado simple sobre el área de estudio.

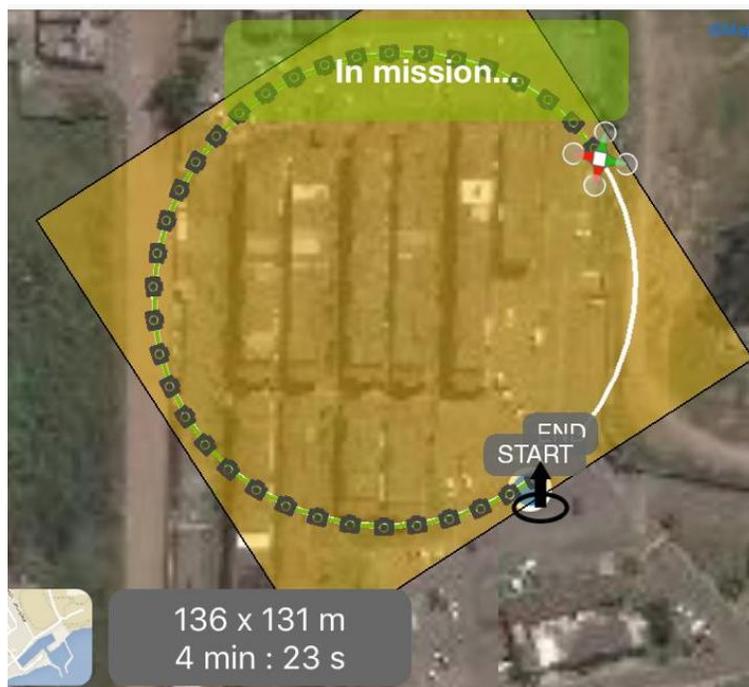


Figura 12. Mallado circular sobre el área de estudio.

2.4. Productos fotogramétricos

2.4.1. Modelo digital de elevaciones (DEM)

Es la representación digital de la elevación de la superficie terrestre con respecto a cualquier dato de referencia; contiene solo la información de elevación de la superficie, libre de vegetación, edificios y otros objetos no terrestres. Se usan para determinar atributos de terreno tales como elevación en cualquier punto, pendiente y aspecto. Los DEM son ampliamente utilizados en hidrología y análisis geológico, monitoreo de riesgos, exploración de recursos naturales, manejo agrícola e identificación de cuencas de drenaje (Nagesh Kumar, 2015).

2.4.2. Modelo digital del terreno (DTM)

El DTM proporciona una representación continua del terreno mediante un conjunto de puntos discretos con valores de altura únicos sobre puntos 2D. Las alturas están en aproximaciones verticales entre los puntos del terreno y alguna superficie de referencia. Suele asignar un único valor de altura a cada punto 2D utilizando alguna técnica de interpolación, determina valores de elevación, pendiente, curvatura, pero no puede describir las características del terreno vertical, por ejemplo, acantilados (ver *Figura 13*), (Hirt, 2016).

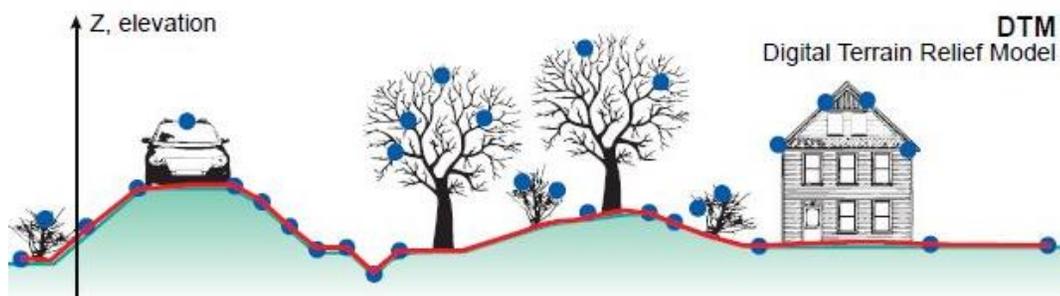


Figura 13. Nube de puntos en la generación de un DTM.

2.4.3. Modelo digital de superficie (DSM)

El DSM generalmente se representa en forma de un tridimensional de la superficie incluye las partes superiores de los edificios, árboles y todos los objetos como se ven en una vista sinóptica. La calidad de este modelo y la precisión final de DSM depende de muchos factores y parámetros, como la calidad de las imágenes iniciales, la disponibilidad de puntos principales, control horizontal y vertical, altitud de vuelo, superposiciones y resolución de la cámara (Altyntsev, Arbuzov, Popov, Tsoi, & Gromov, 2016).

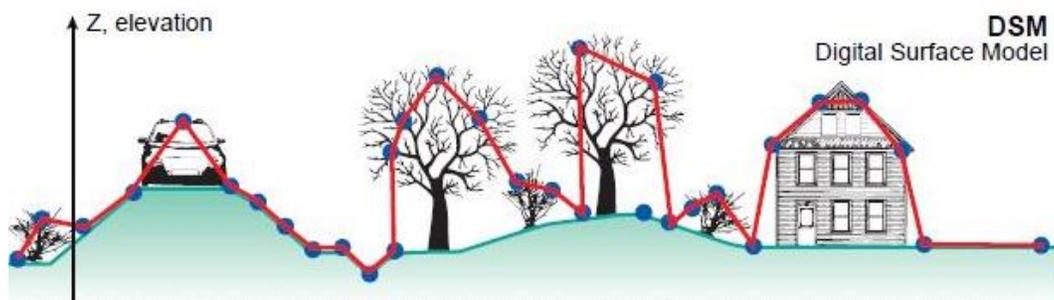


Figura 14. Nube de puntos en la generación de un DSM.

2.4.4. Ortomosaico

Se denomina ortomosaico al conjunto de imágenes tomadas desde una o varias cámaras, que presentan áreas de traslape entre sí, y que son unidas, combinadas en una sola imagen para ampliar el rango de visión de la escena y que han atravesado por un proceso de corrección de las distorsiones causadas por el relieve del terreno (Cheng, Xue, & Li, 2007).

2.5. Software de procesamiento

2.5.1.1. Trimble business center (TBC)

Trimble Business Center es una aplicación de escritorio altamente automatizada para el procesamiento y gestión óptica, GNSS, de imágenes y datos de nubes de puntos. Con capacidades únicas, como el procesamiento de datos GNSS, el trazado de la sección transversal y funcionalidad de la fotogrametría integrada, esta aplicación permite a los profesionales geoespaciales procesar sus datos directamente desde el campo y producir los entregables inmediatamente (Trimble Business Center, 2018).

2.5.1.2. Dron2Map

Drone2Map es una plataforma online para ArcGIS que proporciona herramientas de productividad que crean imágenes de calidad profesional, productos en ArcGIS para visualizar, analizar y explotarlas completamente, generando productos de imágenes 2D y 3D (Dron2map, 2018).

2.5.1.3. Pix4D

Pix4D es una empresa suiza que desarrolla un conjunto de productos de software que utilizan fotogrametría y algoritmos de visión artificial para transformar imágenes RGB y multiespectrales en mapas y modelos 3D.

El software Pix4D Mapper permite el procesamiento de imágenes fijas con fines de construcción de nubes de puntos, ortomosaicos y análisis de fotografías, compatibles con cualquier tipo de cámara y sistemas de referencia globales o locales, generación de productos multiformatos (tiff, jpg), corrección automática de brillo y color, generación de reportes de procesamiento, además cuenta con una calculadora de índices, editor de mosaicos y exportación de productos en formatos kml, html; (Trout, 2011).

2.5.1.4. ArcgisPro

ArcGIS Pro es una aplicación SIG de escritorio para crear y trabajar con datos espaciales. Proporciona herramientas para visualizar, analizar, compilar y compartir datos en entornos 2D y 3D.

Es una aplicación conectada a la web e integrada con ArcGIS online, para iniciar ArcGIS Pro es necesario iniciar sesión en ArcGIS Online con las credenciales de una cuenta que suplirá a la licencia. Esta plataforma implementó un nuevo modelo de licencia basado en usuarios, lo que nos permite usar el software en cualquier equipo (MappngGIS, 2018).

2.6. Intercambio de datos y modelos tridimensionales

2.6.1. Modelo urbano tridimensional

Un modelo urbano 3D es una representación digital de la superficie de la Tierra y de todos los objetos que se encuentran conformando las áreas urbanas. Es una herramienta para gestionar ciudades inteligentes y manejar datos catastrales, económicos, sociales, ambientales, etc. (Álvares, Raposo, & Bello, 2018).

Es aplicable para la gestión del territorio urbano para la planificación del territorio de áreas rurales, estudios de contaminación, geomarketing. El fácil acceso a la tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging). Mediante uso de UAVs ha dado paso a la generación confiable, autónoma y supervisada de modelos 3D (Rodríguez, y otros, 2013).

2.6.2. Web map service OGC

Un servicio de mapas web (WMS) permite visualizar mapas de datos con referencia espacial de forma dinámica a partir de información geográfica. Esta norma internacional define un "mapa" como una representación de información geográfica en un archivo de imagen digital, adecuado para su visualización en una pantalla de ordenador. Define tres operaciones: GetCapabilities que devuelve los metadatos de nivel de servicio; GetMap que devuelve un mapa cuyos parámetros geográficos y dimensionales están bien definidos; y una tercera operación opcional GetFeatureInfo que devuelve información sobre características particulares mostradas en un mapa.

Las operaciones del servicio de mapas web se pueden invocar usando un navegador web estándar mediante el envío de solicitudes en forma de Localizadores Uniformes de Recursos (URL). El contenido de dichas URL depende de la operación solicitada. En particular, cuando se solicita un mapa, la URL indica qué información se debe mostrar en el mapa, qué porción de la tierra se debe mapear, la coordenada deseada, el sistema de referencia, el ancho y alto de la imagen de salida (Open Geospatial Consortium Inc, 2006).

Esta Norma Internacional se aplica a una instancia del Servicio de mapas web que publica su capacidad para producir mapas en lugar de su capacidad de acceder a datos específicos. Un WMS básico clasifica sus tenencias de información geográfica en "Capas" y ofrece un número finito de "Estilos" predefinidos para mostrar esas capas (Open Geospatial Consortium Inc, 2006).

2.6.3. CityGML

CityGML es un modelo de datos abierto y un formato basado en XML para el almacenamiento y el intercambio de modelos virtuales de ciudades en 3D. Es un esquema de aplicación para el Geography Markup Language versión 3.1.1 (GML3), que es el estándar internacional extensible para el intercambio de datos espaciales emitido por el Open Geospatial Consortium (OGC) y el ISO TC211. El objetivo del desarrollo de CityGML es alcanzar una definición común de las entidades básicas, los atributos y las relaciones de un modelo de ciudad 3D. Esto es especialmente importante con respecto al mantenimiento sostenible y rentable de modelos de ciudades en 3D, lo que permite la reutilización de los mismos datos en diferentes campos de aplicación (CityGML, 2014).

2.6.4. Open Geospatial Consortium (OGC)

El OGC es una organización internacional sin fines de lucro comprometida con la elaboración de estándares abiertos de calidad para la comunidad geoespacial global. Estos estándares se elaboran a través de un proceso de consenso y están disponibles de forma gratuita para que cualquier persona pueda utilizarlos para mejorar el intercambio de los datos geoespaciales del mundo (Open Geospatial Consortium , 2008).

2.7. Fundamento legal

A continuación, se detalla la base legal sobre las consideraciones que se presentan para la ejecución de este proyecto.

Según la Constitución del Ecuador de 2018, se establece que (Art. 139) “[...]La formación y administración de los catastros inmobiliarios urbanos y rurales corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados municipales, los que con la finalidad de unificar la metodología de manejo y acceso a la información deberán seguir los lineamientos y parámetros metodológicos que establezca la ley [...]” así también “[...]El gobierno central, a través de la entidad respectiva financiará y en colaboración con los gobiernos autónomos descentralizados municipales, elaborará la cartografía geodésica del territorio nacional para el diseño de los catastros urbanos y rurales de la propiedad inmueble y de los proyectos de planificación territorial”.

De la misma manera (Art. 426) “[...]Cada gobierno autónomo descentralizado llevará un inventario actualizado de todos los bienes valorizados del dominio privado y de los afectados al

servicio público que sean susceptibles de valorización [...]” teniendo en cuenta que en el (Art. 496) “[...] Las municipalidades y distritos metropolitanos realizarán, en forma obligatoria, actualizaciones generales de catastros y de la valoración de la propiedad urbana y rural” (Constitución de la República del Ecuador , 2008).

La Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo menciona: (Art. 100) “[...] El catastro debe ser consolidado a través de una base de datos nacional, que registrará en forma programática, ordenada y periódica, la información sobre los bienes inmuebles urbanos y rurales existentes en su circunscripción territorial. [...]” (LOOTUS, 2016).

2.7.1. Norma internacional NSSDA

El Estándar Nacional para la Precisión de Datos Espaciales (NSSDA) implementa una estadística y pruebas metodológicas para estimar la precisión posicional de puntos en mapas y en datos geoespaciales digitales, con respecto a las posiciones georeferenciadas de mayor precisión.

El NSSDA usa el error de la raíz cuadrada media (RMSE) para estimar la precisión posicional. RMSE es la raíz cuadrada de la media del conjunto de diferencias cuadradas entre los valores de coordenadas del conjunto de datos y los valores de mayor precisión de las coordenadas de puntos idénticos (National Spatial Data Infrastructure, 1998).

2.7.2. Norma del catastro en Ecuador

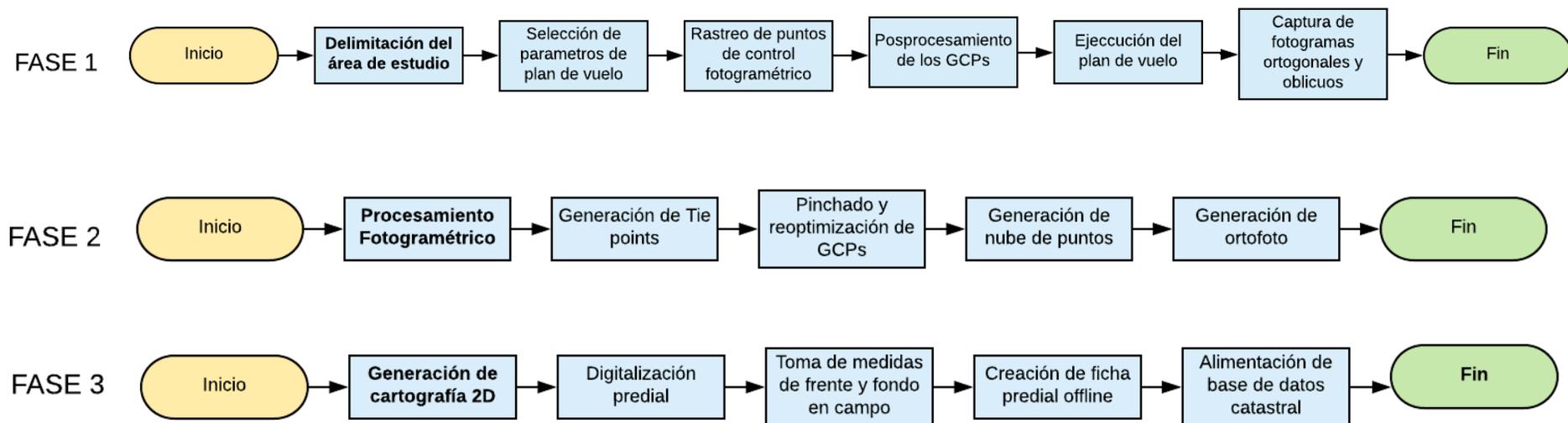
Según la Norma Ecuatoriana “Especificaciones técnicas generales para la realización de cartografía topográfica a cualquier escala”, se define que las tolerancias máximas para la

generación de cartografía en Ecuador no deben diferir del valor real en más de 0.3 mm multiplicado por el factor de escala, por lo tanto si la escala para catastro es 1:1000 la precisión horizontal no deberá supera los 30 cm y para la precisión vertical los 25 cm (IGM, 2006).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

El presente capítulo estructura y detalla la metodología que fue implementada para el desarrollo del presente proyecto. El mismo que se realizó en varias múltiples fases como: la descripción de levantamiento de información de campo, generación de cartografía 2D, extrusión de cartografía 3D, integración de cartografía 2D y 3D en un portal web y procedimientos para la validación de la precisión planimétrica y altimétrica (ver



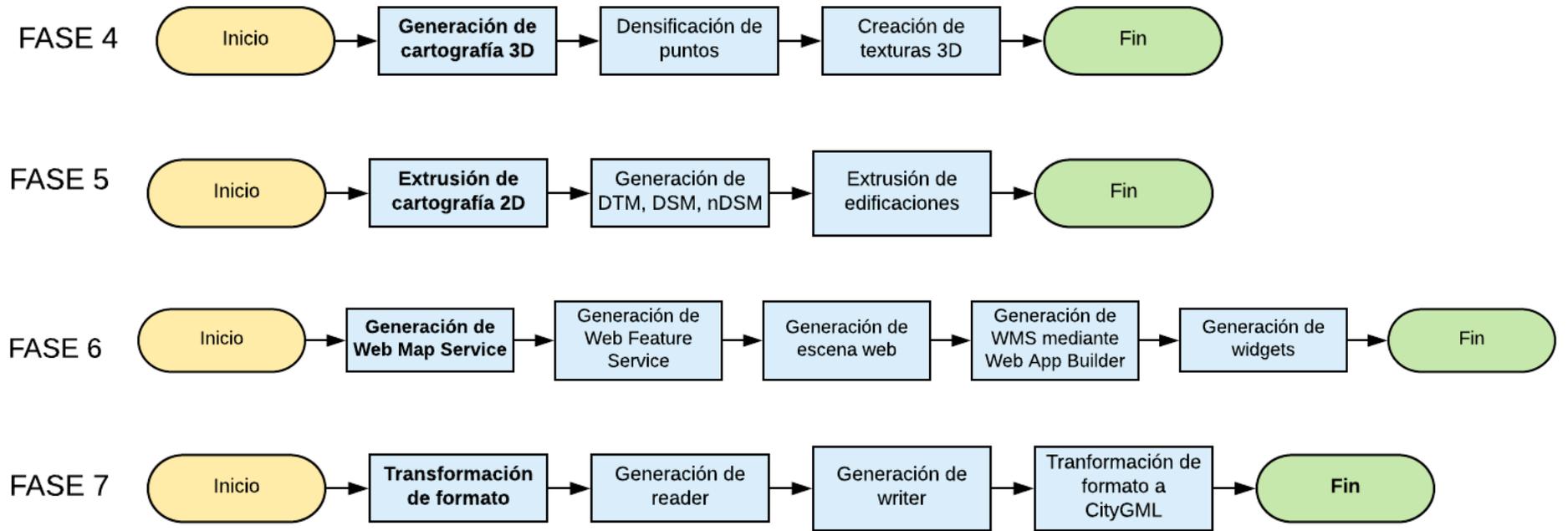
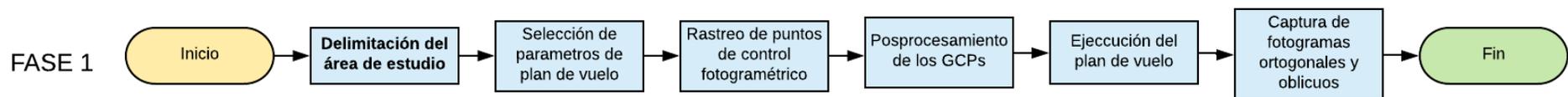


Figura 15).



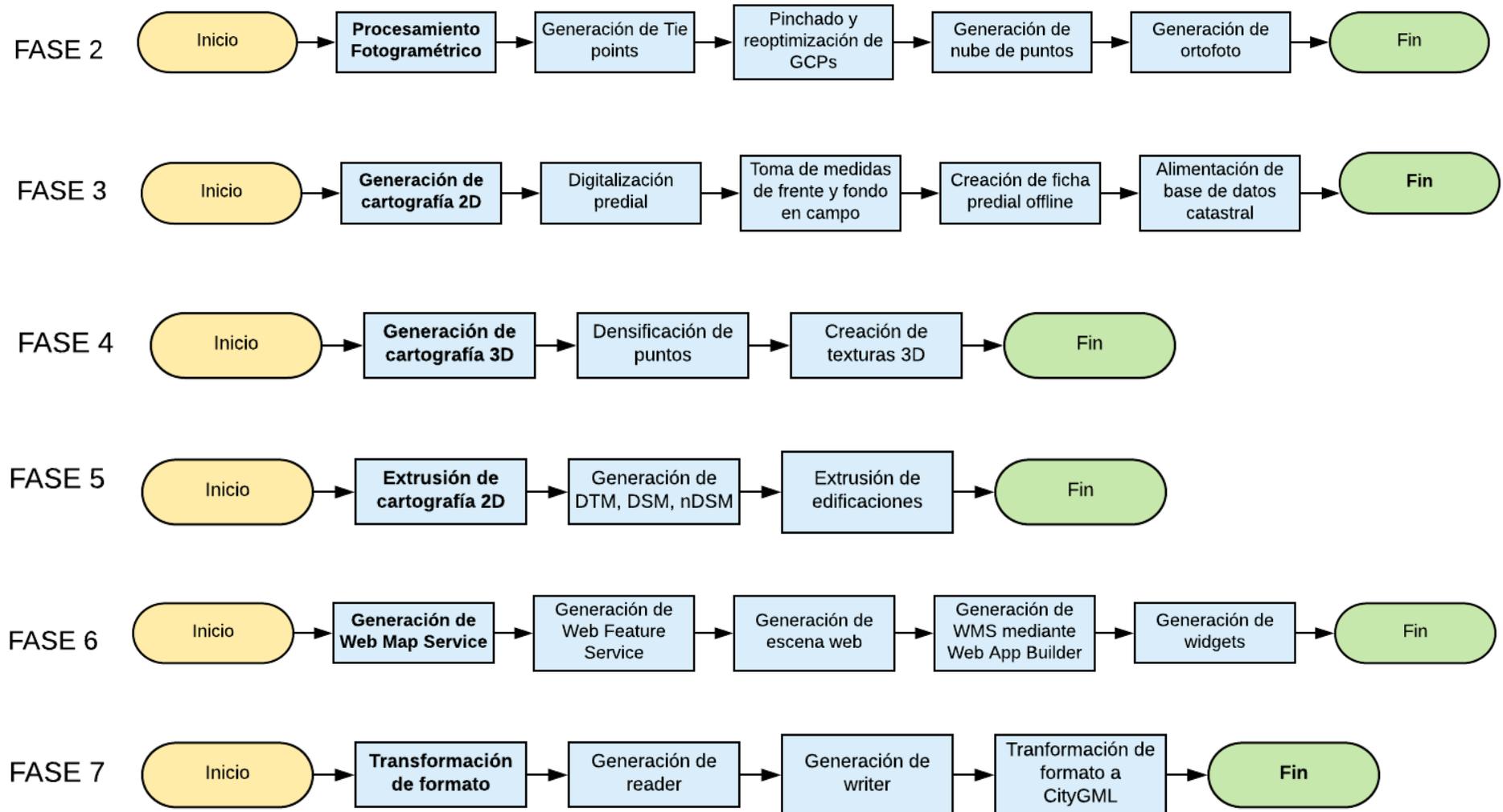
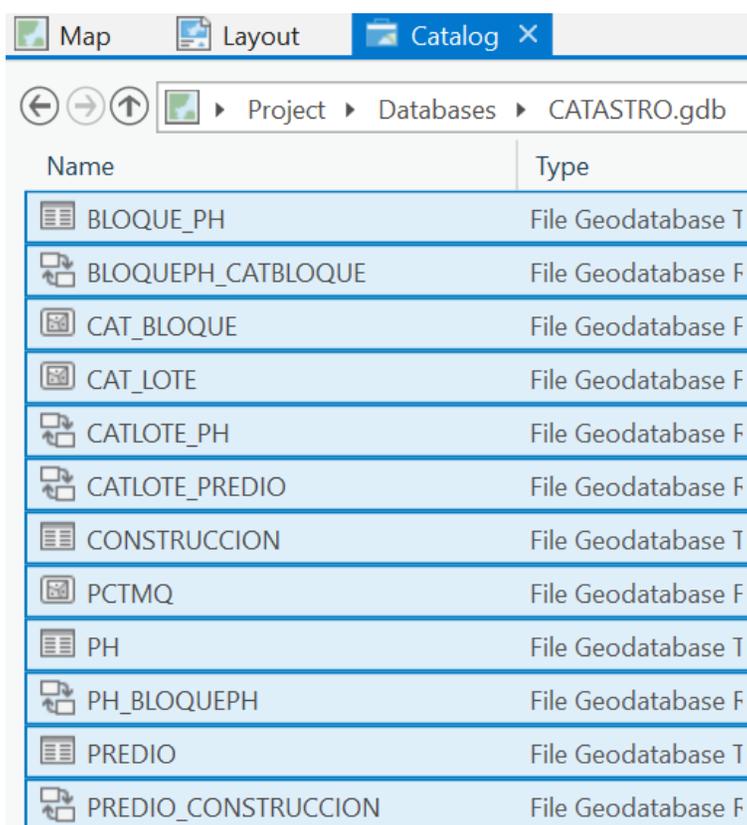


Figura 15. Fases de la metodología para la elaboración del proyecto de investigación.

3.1. Recopilación de la información catastral 2D

Se recopiló información de la cartografía catastral levantada por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito con lo que se pudo obtener una base de datos (ver **Figura 16**) que contiene información como: clave predial, información constructiva, avalúo, destino económico, área de terreno y construcción, año de construcción, estado de conservación, número de pisos, etc; la información vectorial de la base de datos está dividida en 16 bloques, que tienen un código único definido mediante la metodología de levantamiento catastral y legalización de la tenencia de la tierra aplicada por (MAGAP, 2008).



The screenshot shows the ArcGIS Catalog window with the following table of contents:

Name	Type
BLOQUE_PH	File Geodatabase T
BLOQUEPH_CATBLOQUE	File Geodatabase F
CAT_BLOQUE	File Geodatabase F
CAT_LOTE	File Geodatabase F
CATLOTE_PH	File Geodatabase F
CATLOTE_PREDIO	File Geodatabase F
CONSTRUCCION	File Geodatabase T
PCTMQ	File Geodatabase F
PH	File Geodatabase T
PH_BLOQUEPH	File Geodatabase F
PREDIO	File Geodatabase T
PREDIO_CONSTRUCCION	File Geodatabase F

Figura 16. File Geodatabase del Municipio Metropolitano de Quito.

3.2. Planificación del vuelo fotogramétrico

3.2.1. Puntos de control fotogramétrico GCPs

Se determinaron diez puntos de control dentro del área de estudio. Estos puntos fueron distribuidos de manera homogénea, para posteriormente ser utilizados en la generación del modelo tridimensional y el ortomosaico. Los puntos de control fueron materializados (ver *Figura 17*), con placas de aluminio con dimensiones de 13 cm de alto por 13 cm de ancho y su levantamiento en campo está descrito en sus respectivas monografías, cuyo detalle se puede ver en los Anexos del 1 al 10.

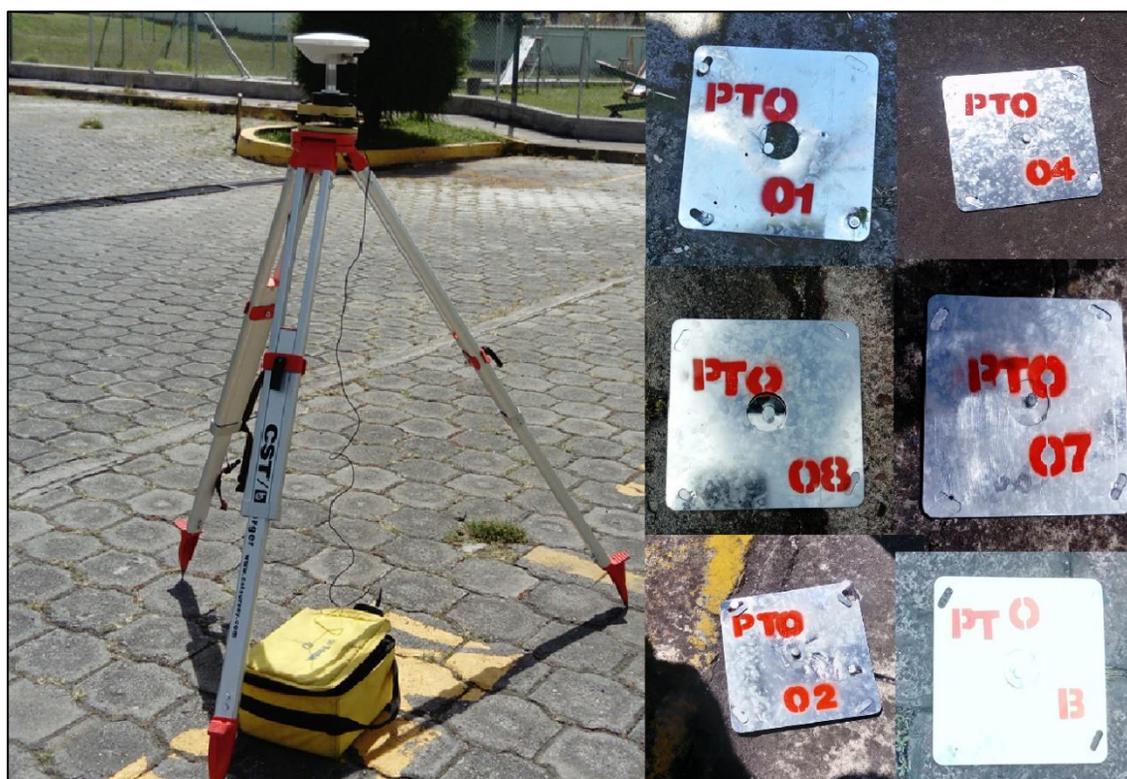


Figura 17. Materialización de los GCPs.

El rastreo de los puntos de control fue realizado el día 13 de junio de 2018, correspondiente al día GPS 163 de la semana 2005. Para el posicionamiento de los puntos se realizó un enlace a la red de monitoreo continuo del Ecuador (REGME) utilizando la estación EPEC, que se encuentra en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Posteriormente, estos datos fueron post-procesados en el software *Trimble Business Center* (ver **Figura 18**), obteniendo así las coordenadas norte, este, altitud, y su precisión dentro del sistema de referencia WGS84 UTM Zona 17S (ver **Tabla 3**).

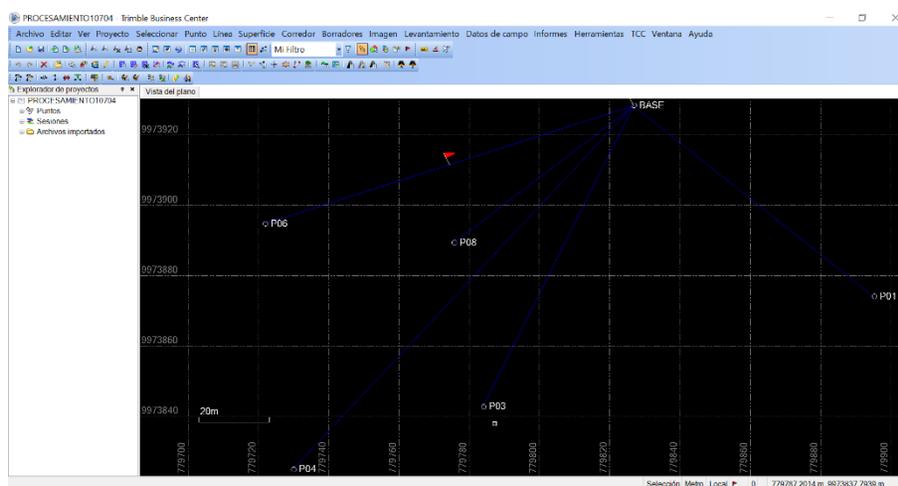


Figura 18. Posprocesamiento en el software Trimble Business Center.

Tabla 3.

Coordenadas de los puntos de control fotogramétrico post-procesados.

ID	x (m)	y (m)	z (m)	Precisión x (m)	Precisión y (m)
1	779895,2639	9973873,9559	2888,5150	0,0020	0,0040

Continua →

2	779909,5388	9973919,7169	2884,3831	0,0020	0,0030
3	779783,9810	9973842,6396	2888,8445	0,0020	0,0040
4	779729,8156	9973824,8375	2891,4185	0,0170	0,0220
5	779816,7479	9974036,6720	2883,9591	0,0020	0,0030
6	779721,8132	9973894,6878	2889,1446	0,3720	0,0930
7	779726,3518	9974026,8338	2890,2676	0,0020	0,0040
8	779775,6912	9973889,2695	2885,2079	0,0020	0,0040
9	779781,7334	9973947,6741	2884,2318	0,0030	0,0060
10	779827,0369	9973927,0599	2884,9943	0,0060	0,0190

Para el rastreo GNSS se utilizaron tres equipos GNSS, un equipo Trimble R4 GNSS y dos equipos Trimble R3 GNSS, los cuales cumplen con la precisión horizontal y vertical requerida para la elaboración del proyecto (ver **Tabla 4** **Tabla 2**).

Tabla 4.

Especificaciones técnicas de equipos GNSS

Especificaciones	Trimble R4 GNSS	Trimble R3 GNSS
Señales de satélite que rastrea simultáneamente	GSP:L1C/A,L1C,L2C,L2E GLONAS: L1C/A,L1P,L2C/A,L2P,L3	GPS: L1C/A

Continua →

Medición estática	H: 3mm \pm 0,5 ppm RMS	H: 3mm \pm 0,5 ppm RMS
Estático y estático rápido	V: 5mm \pm 0,5 ppm RMS	V: 5mm \pm 1 ppm RMS
Velocidad de posicionamiento	1Hz, 2Hz, 5Hz y 10HZ	1Hz

Fuente: (Trimble, 2017)

Se implementó una red de densificación de puntos de control posicionando el equipo R4 como base y los equipos R3 para el levantamiento de la parte sur y norte del área de estudio. Se estableció como tiempo de rastreo, 45 minutos, con un intervalo de 5 segundos, enlazados al marco de referencia IGB08, obteniendo así una red de puntos de alta precisión (ver **Tabla 5**)

Tabla 5.

Especificaciones técnicas para el posicionamiento de los GCPs

Especificaciones	Descripción
Equipo base	Trimble R4
Equipos móviles	Trimble R3 10704
	Trimble R3 10706
Método de posicionamiento	Estático rápido
Tiempo de observación	45 minutos

3.2.2. Parámetros de ejecución del vuelo con UAV

Se determinó el tamaño esperado del GSD considerando las alturas elipsoidales del área de estudio, las especificaciones técnicas del UAV, así como la Fórmula 1 aplicada por PIX4D, obteniendo un GSD medio de 1,057 cm con una altura de vuelo de 45 m a 50 m (ver **Tabla 6**).

Tabla 6.

Determinación del tamaño del GSD en diferentes alturas del área de estudio.

Altura (m)	Diferencia de altura de referencia	Altura de vuelo (m)	Cálculo del GSD (mm)	GSD esperado (cm)
2888,5150	0,0000	50,0000	10,8792	1,0879
2884,3831	-4,1319	45,8681	9,9802	0,9980
2888,8445	0,3295	50,3295	10,9509	1,0951
2891,4185	2,9035	52,9035	11,5110	1,1511
2883,9591	-4,5559	45,4441	9,8880	0,9888
2889,1446	0,6296	50,6296	11,0162	1,1016
2890,2676	1,7526	51,7526	11,2606	1,1261
2885,2079	-3,3071	46,6929	10,1597	1,0160
2884,2318	-4,2832	45,7168	9,9473	0,9947
2884,9943	-3,5207	46,4793	10,1132	1,0113
Hm: 2887,0966	-1,4184	48,5816	10,5706	GSDm:1,0571

Una vez determinado el tamaño del GSD se procede a la ejecución del vuelo mediante la aplicación *Pix4D* considerando las condiciones climáticas, hora del día, puntos de control

fotogramétricos y las especificaciones técnicas del UAV, estas variables afectarán directamente a la calidad de los fotogramas (ver **Tabla 7**).

Tabla 7.

Parámetros del plan de vuelo para la generación del mosaico ortogonal

Parámetros de vuelo	Unidad
Altura de vuelo	50 m
Traslapo Longitudinal	80 %
Traslapo Transversal	80 %
Área del terreno	6 ha
Velocidad de vuelo	5 m/s
Tiempo de Vuelo	17 minutos
Hora de vuelo	12:30
Número de fotogramas	328

3.3. Generación de Ortomosaico ortogonal

Para la generación del ortomosaico se utilizó el software fotogramétrico Pix4D, que utiliza imágenes para obtener nubes de puntos, DTM, DSM, ortomosaicos e información 2D.

Como paso inicial, se obtuvo la licencia del software desde su portal web <https://www.pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software>. Posteriormente se creó el proyecto en el cual fue generada una carpeta para guardar los resultados del procesamiento.

Posteriormente se importaron las imágenes en formato .tif, y fue definido el Datum: World Geodetic System 1984, el sistema de coordenadas: WGS 84 (EGM 2008 Geoid).

El sistema mediante la lectura del archivo EXIF implícito en cada imagen detectó automáticamente las propiedades de cada fotograma (ver *Figura 19*), y las características del UAV Phantom 4 PRO V2; cada fotograma posee información GNSS/IMU, que se encuentra dividida en tres grupos (ver **Tabla 8**).

Tabla 8.

Información GNSS/IMU detectada por el UAV para la generación del ortomosaico ortogonal.

Grupo	Información contenida
Identificador	Imagen, grupo
GNSS	Latitud, longitud, altitud elipsoidal, precisión horizontal y vertical
IMU	Omega (Roll), Phi (Pitch), Kappa (Yaw)

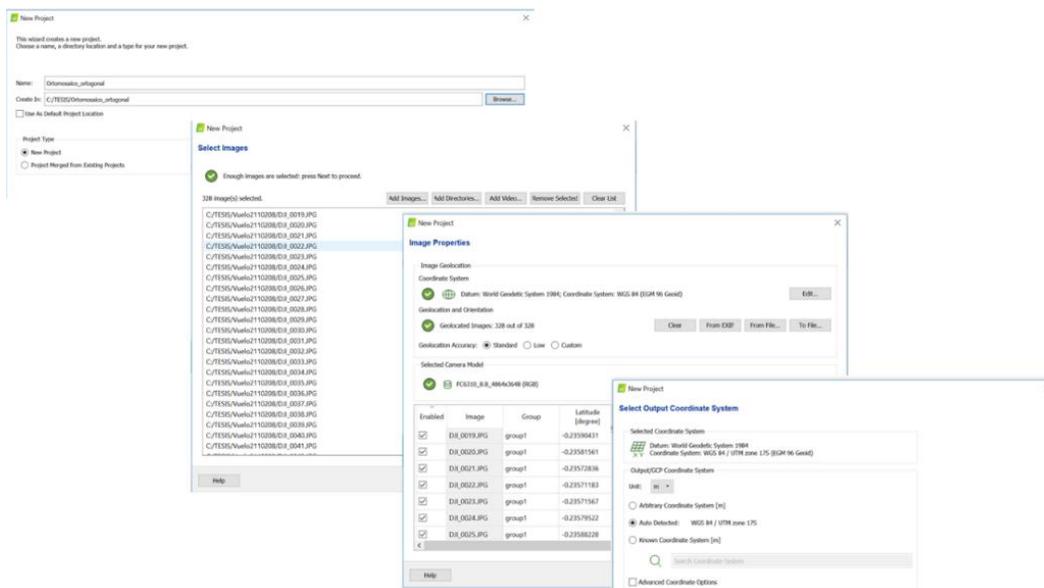


Figura 19. Pasos iniciales para la generación del ortomosaico.

Como paso siguiente se importaron las coordenadas geográficas de los puntos de control en donde también se consideraron las precisiones horizontales y verticales. Se utilizó la herramienta Basic Editor en donde se realizó el pinchado de los GCPs en cada fotograma mediante las marcas con las que se materializaron los puntos (ver **Figura 20** **Figura 20** **Figura 20**).

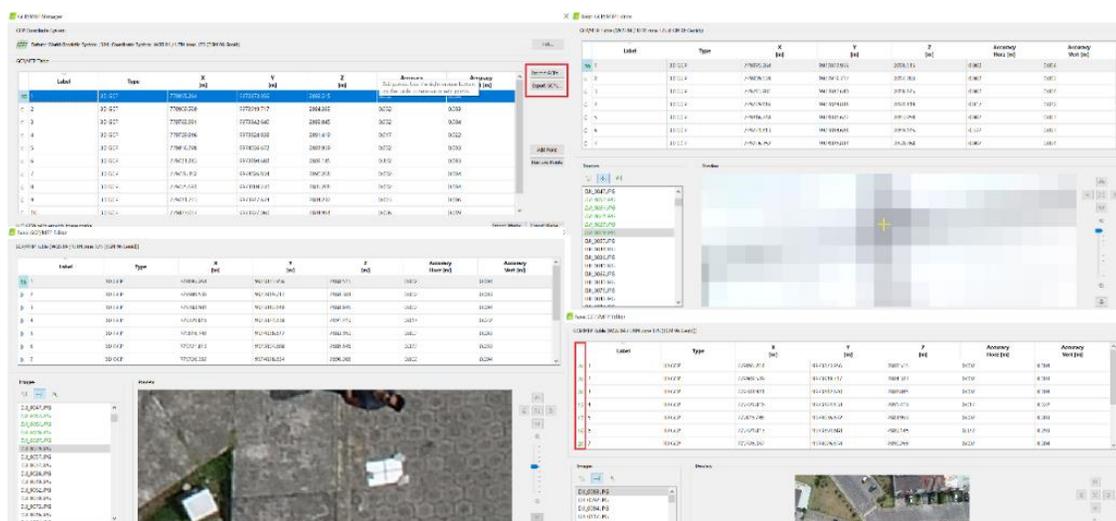


Figura 20. Pinchado de los puntos de control

Finalmente se realizó la configuración de las especificaciones necesarias para la generación del ortomosaico a través de la herramienta Processing options, se estableció la opción *full keypoints* en la imagen, *merge tiles* y el método de interpolación *Inverse distance weighting (IDW)*, (ver **Figura 21**Figura 21).

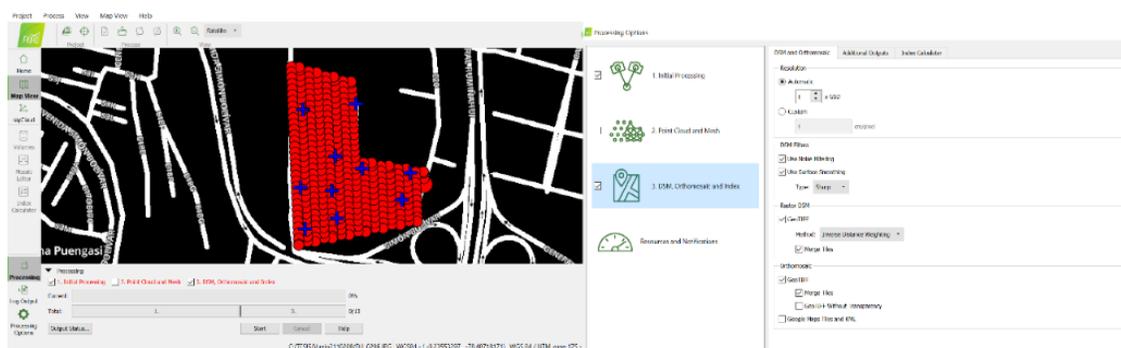


Figura 21. Configuraciones para la generación del DSM y ortomosaico.

3.4. Digitalización y elaboración de la cartografía catastral

La digitalización se realizó con el uso del software Arcgis Pro generando una base de datos “Catastro 2D” que contiene 340 polígonos digitalizados en base al ortomosaico generado anteriormente.

Para el levantamiento de la información temática catastral se realizó una encuesta *offline* diseñada mediante la aplicación Survey 123 dentro del portal de Arcgis online. Esta aplicación permitió realizar un formulario inteligente basado en el Manual para el ingreso de datos en la ficha predial urbana elaborada por la Compañía Consultora Agroprecisión, que a su vez apoyó en la normativa del (Acuerdo Ministerial 29-16, 2015), en la Metodología de levantamiento catastral y

legalización de la tenencia de la tierra, (MAGAP, 2008), y en el Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito (Municipio DMQ, 2013).

Se realizó la ficha predial urbana online utilizando 10 herramientas de edición dentro de la aplicación Survey 123 (ver **Figura 22**), en la que se dividió a la ficha en 12 grupos con un total de 124 preguntas agrupadas de acuerdo a la característica de la información a obtenerse. (ver **Figura 23**).



Figura 22. Herramientas de edición de la aplicación Survey 123.

Levantamiento de la información catastral "Portón de Cádiz"

Esta encuesta se encuentra diseñada de acuerdo a la Metodología de levantamiento catastral y legalización de la tenencia de tierra descrita por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca y en base al Acuerdo Ministerial No. 0029-16 Normas Técnicas para el catastro de Bienes Inmuebles Urbano-rural MIDUVI

- IDENTIFICACIÓN DEL LOTE
- PROPIETARIO, POSEEDOR, POSESIONARIO DEL LOTE
- INFORMACIÓN LEGAL DEL LOTE
- PROTOCOLIZACIÓN
- INSCRIPCIÓN
- COTITULARES
- CARACTERÍSTICAS DEL LOTE
- SERVICIOS

- COTITULARES
- CARACTERÍSTICAS DEL LOTE
- SERVICIOS
- INSTALACIONES
- USO DE SUELO
- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS
- INFORMANTE

Fotos del lote

Haga clic aquí para cargar el archivo image. (<10MB)

Enviar

Figura 23. Ficha predial urbana offline aplicada para el Conjunto Portón de Cádiz.

Se organizó una reunión con el Señor Iván Quishpe presidente del conjunto Portón de Cádiz para la difusión, convocatoria y comunicación previa al levantamiento de información, donde se dio a conocer a los habitantes del conjunto que las fechas de visita serían los días 11,12,18,19,25,26 de agosto. Con estos pasos previos se procuró tener la presencia de todas las personas que tienen relación con la propiedad y/o posesión del predio.

Durante los días programados se realizó el levantamiento de todas las propiedades que integran el área de estudio, esto se elaboró mediante la app *Survey 123 for Arcgis* que se instaló desde la App Store utilizando la cuenta de ArcGIS Online que contenía la ficha elaborada anteriormente (ver **Figura 24;Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).



Figura 24. Levantamiento de la ficha catastral offline.

Dentro ficha catastral urbana offline se integró un manual de usuario con el objetivo de disminuir los errores humanos y facilitar el llenado de información. Cada pregunta tiene la especificación del codificador respectivo y la descripción del codificador es única para cada caso, dentro de información adquirida se obtuvieron los grupos: identificación del lote (ver *Figura 25*; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), y características del propietario o poseedor (ver *Figura 26*).

INFORMACIÓN LEGAL DEL LOTE ▼

Forma de adquisición

-Seleccione- ▼

Presenta escritura*

Sí No

Tipo de documento del informante
 En el caso del propietario presente algún tipo de documento se debe colocar en el casillero el número de codificador correspondiente.
 1 (Cédula), 2(Papeleta de votación), 3 (Escritura), 4(Croquis del terreno), 5(Plano estructural), 6(Ficha del levantamiento predial), 7 (Declaración de PH), 8(Ficha de levantamiento de PH), 9 (Carta predial), 10(Plano aprobado), 11 (Memo de notificación)

-Seleccione- ▼

Figura 25. Levantamiento de información para la identificación del lote

PROPIETARIO,POSEEDOR,POSESIONARIO DEL LOTE ▼

Indica la naturaleza del propietario,poseedor o posesionario de un lote

Tipo de persona*

Natural Jurídica

Tipo de propietario*

Propietario Copropietario Poseedor

Posesionario

Condición Municipal*

Uso propio

Arrendamiento

Comodato

Nombres y Apellidos del propietario, poseedor, propietario del lote*

Figura 26. Levantamiento de información para la identificación de las características del propietario, poseedor o posesionario del lote.

Dentro de la ficha catastral urbana *offline* se implementaron los grupos: información legal del lote, protocolización, inscripción, e información sobre los cotitulares del lote en el caso de tenerlo, con el objetivo de obtener información sobre todas las variables que intervienen legítimamente sobre el lote.

Además se crearon los grupos: características del lote (ver **Figura 27**), servicios e instalaciones , uso de suelo (ver **Figura 28**) y características constructivas (ver **Figura 29**). Estos grupos describen las particularidades geométricas del lote, así como el estado de cada servicio con los que cuentan y el uso que le dan actualmente al suelo. En el caso del grupo características constructivas se refiere al detalle de las estructuras (columnas, vigas, pared, entrepiso, cubierta) y acabados (piso, puertas, ventanas, revestimiento interior y exterior, tumbado), dentro de la edificación, la recolección de la información en este grupo se realizó por cada piso y por cada bloque dentro del lote.

CARACTERÍSTICAS DEL LOTE

Refiere las particularidades del lote de terreno respecto a la forma y tipo de terreno, topografía, vías circundantes en el que está inmerso el lote.

Área del terreno en escritura

Unidad de medida escritura

El relevador debe colocar en el casillero el número de codificador correspondiente a la unidad de medida del área del terreno de la escritura.
1(Metro lineal), 2(Metro cuadrado), 3(Hectárea), 4(Cuadra), 5(Media cuadra), 6(Solar), 7(Medio solar), 8(Otro)

Área calculada

Figura 27. Levantamiento de las características generales del lote.

USO DE SUELO ▼

Tipo de uso

Vivienda
 Gestión
 Múltiple
 Comercial

Industrial
 Equipamiento
 Preservación patrimonial

Protección ecológica
 Agrícola
 Sin uso

Otro

Figura 28. Levantamiento de información de uso de suelo.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS ▼

Número de bloque BL

Número de piso PS

Unidad constructiva UC

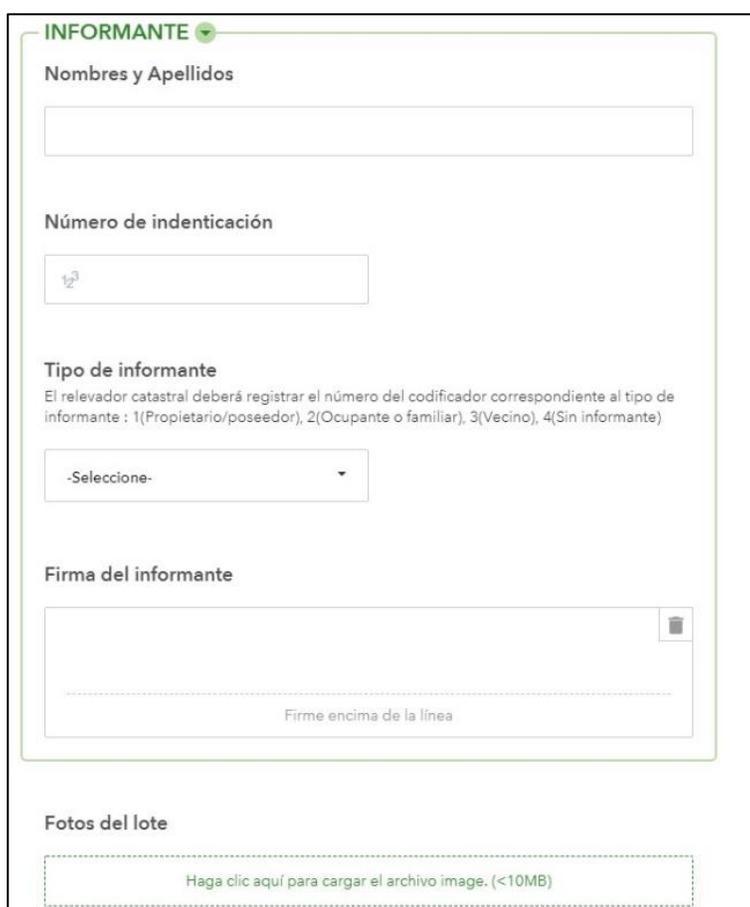
Área construida m2

Características de estructura

	Columnas	Vigas	Pared	Entrepiso
Hormigón armado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acero (Acero, cercha, metal)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 29. Levantamiento de información acerca de las características constructivas de las edificaciones.

Finalmente se realizó el grupo “Informante” en el que se tomó en cuenta el nombre y apellido del informante, el tipo de informante, debido a no se encontrar al propietario además se añadió una firma electrónica que da validez al levantamiento de la ficha urbana predial (ver **Figura 30**).



INFORMANTE ▼

Nombres y Apellidos

Número de indentificación

Tipo de informante
El relevador catastral deberá registrar el número del codificador correspondiente al tipo de informante : 1(Propietario/poseedor), 2(Ocupante o familiar), 3(Vecino), 4(Sin informante)

-Seleccione- ▼

Firma del informante

Firme encima de la línea

Fotos del lote

Haga clic aquí para cargar el archivo image. (<10MB)

Figura 30. Levantamiento de información sobre los datos del informante.

3.5. Generación de modelo tridimensional

Para la generación del modelo 3D se utilizó la App Pix4D que fue obtenida gratuitamente de la App Store, donde se elaboró el plan de vuelo definiendo las especificaciones técnicas expuestas en la (Tabla 9). Para garantizar un mayor barrido, el área de interés fue dividida 4 secciones debido a la topografía del terreno y a la autonomía de vuelo. Finalmente se ejecutó un mallado simple (ver Figura 31).

Tabla 9.

Parámetros de vuelo para la generación del modelo tridimensional.

Parámetros de vuelo	Unidad
Altura de vuelo	35 m
Traslado Longitudinal	80 %
Traslado Transversal	80 %
Ángulo de inclinación de la cámara	70°
Precisión del control angular	± 0,02°
Área del terreno	6 ha
Velocidad de vuelo	5 m/s
Tiempo de Vuelo	64 minutos
Hora de vuelo	12:30
Número de fotografías	939

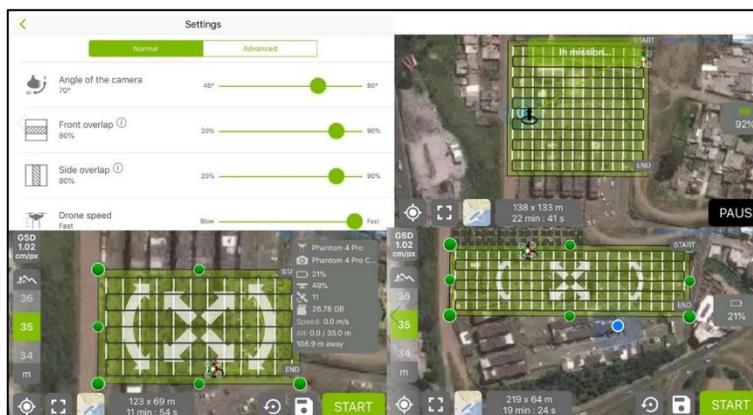


Figura 31. Planificación del vuelo para la generación del modelo tridimensional.

Con el objetivo de corregir geoméricamente los fotografías se posicionaron las marcas de control terrestre (ver **Figura 32**) en los 10 puntos de control de los cuales se conocían previamente las coordenadas (x,y,z).



Figura 32. Posicionamiento de marcas de control terrestre.

Para el procesamiento de los fotogramas obtenidos mediante el UAV se utilizó el software *Drone2Map* diseñado por ESRI. Este software permite obtener modelos tridimensionales de precisión en formatos compatibles con *ArcgisPro*. Como primer paso se definió el *template 3D* que generará nubes de puntos formato (.las, zlas), mallas texturizadas y PDF 3D. Posteriormente se configuró una ruta de almacenamiento para la generación de la carpeta que contendrá todos los *outputs* del proyecto, seguidamente se escogió el sistema de coordenadas WGS 84 UTM 17 S, y se a la ruta donde están almacenados los fotogramas (ver *Figura 33* y *Figura 34*).

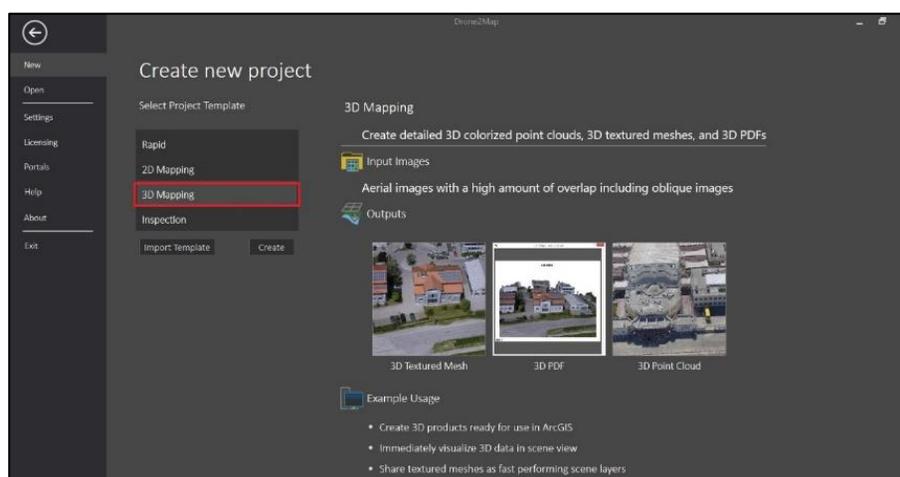


Figura 33. Generación del template 3D Mapping en la plataforma Drone2Map

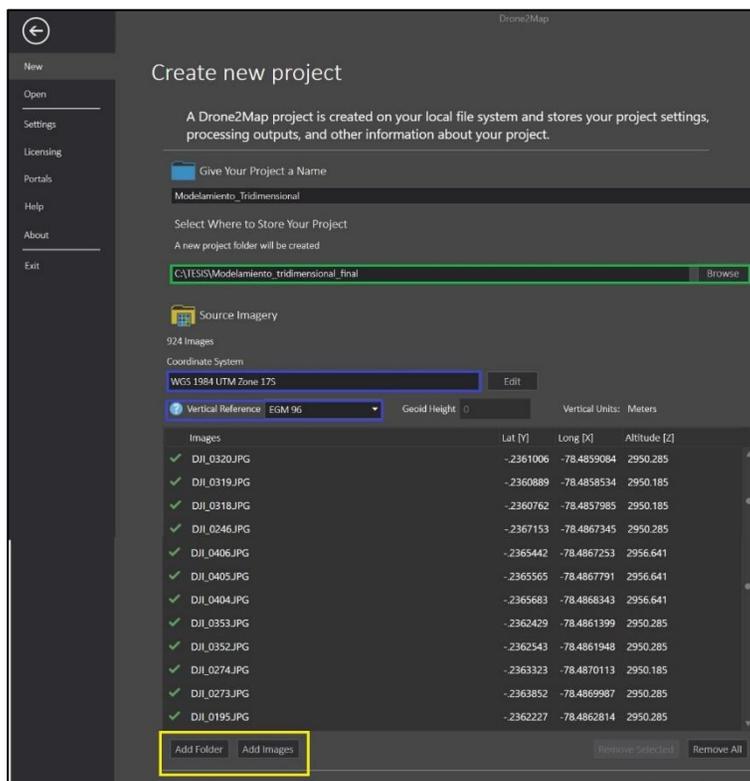


Figura 34. Anexo de imágenes generadas por UAV en la plataforma Drone2Map.

Dentro de las herramientas se encuentra la opción *Image Properties* en la que se estableció la altura de vuelo. A continuación, fueron validadas todas las imágenes incorporadas dentro del *workspace* y se verificó si el software está reconociendo las especificaciones de la cámara del UAV. Finalmente se estableció la opción de optimización del obturador de la cámara (ver **Figura 35**).

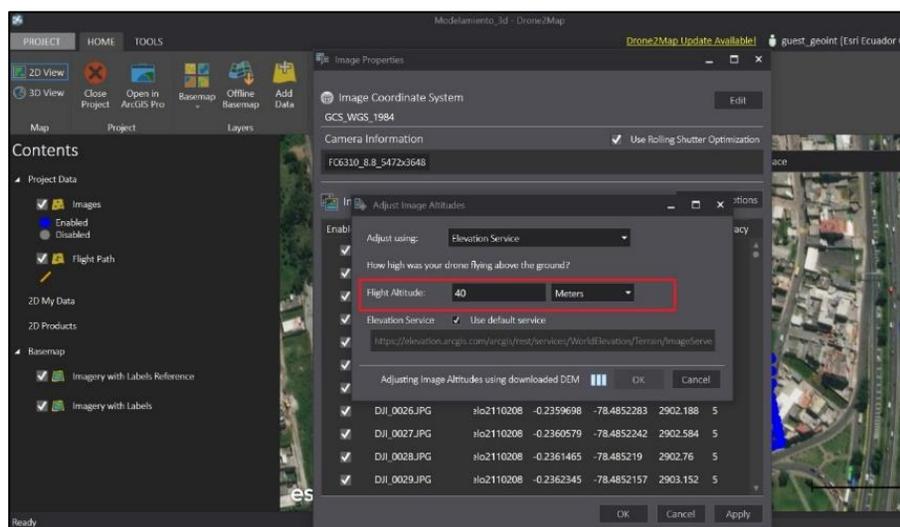


Figura 35. Definición de parámetros en la herramienta Image Properties.

Para añadir los puntos de control dentro del *workspace* se ingresó a la herramienta *Manage GCPs* y mediante la opción *Import* se ingresaron 7 GCPs. Estos GCP's contienen la información de las coordenadas latitud, longitud, precisión en latitud y longitud, en el sistema de coordenadas WGS84 y EGM 2008 (ver **Figura 36**).

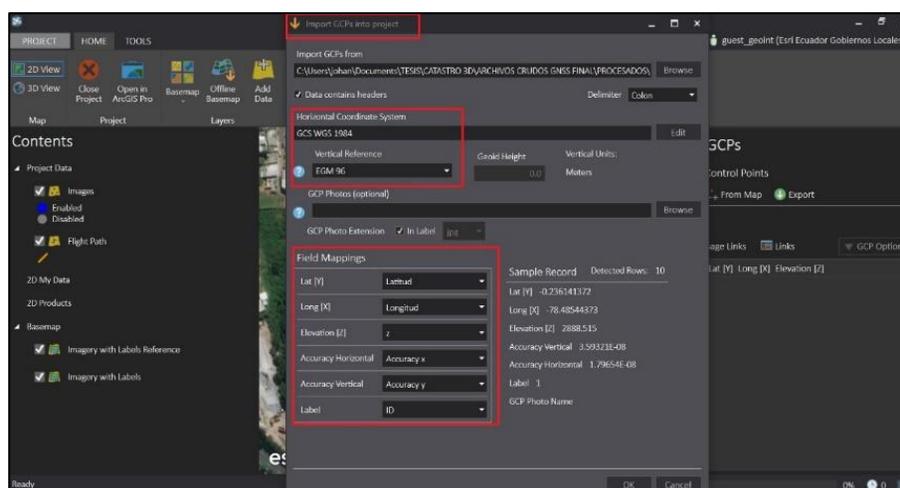


Figura 36. Importación de GCPs dentro de la plataforma Drone2Map.

Una vez que se incorporaron los GCPs se procedió a su marcado dentro del área de interés. Posteriormente fueron pinchados en todos los fotogramas en los que fueron encontrados. Según (Lopez, 2011), para que la distribución muestral sea normal y tenga una forma acampanada la muestra debe ser mayor o igual a 30, por ello se recomienda que 30 pinchazos sea el mínimo número de coincidencias en los fotogramas sin embargo todos los puntos de control fueron pinchados al menos en 40 fotogramas con la finalidad de mejorar el ajuste del modelo tridimensional, considerando que si es mayor número de muestras aumentará la precisión de la coordenada (ver *Figura 37*).

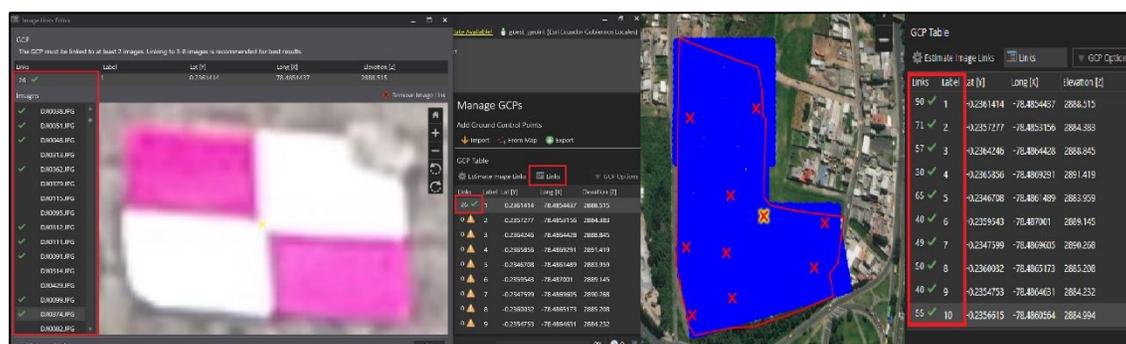


Figura 37. Pinchado de puntos de control dentro de la herramienta Manage GCPs.

Posteriormente dentro de la herramienta *Processing Option* se procedió a ajustar las opciones de procesamiento para un proyecto personalizarlo. Las especificaciones estas están divididas en 4 pestañas: Initial, Dense, 2D Products y 3D Product.

Dentro del procesamiento inicial que tiene como objetivo calcular puntos clave y emparejar imágenes pares, se ajustaron las especificaciones que se encuentran descritas en la **Tabla 10**.

Tabla 10.

Ajuste de las especificaciones de procesamiento dentro de la pestaña Initial.

Ajuste de procesamiento	Especificación	Descripción
<i>Keypoints Image Scale</i>	Full	Creación de productos de mayor precisión. Esta opción es útil cuando se está en la oficina al requerir un mayor tiempo de procesamiento.
<i>Matching Image Propieties</i>	Custom	<p>Use capture time: Crea pares de imágenes basadas en el momento en que fueron tomadas.</p> <p>Use triangulation of image geolocations: La posición de geolocalización de las imágenes se triangula. Cada imagen se corresponde con imágenes con la que está conectada por un triángulo.</p> <p>Use image Similarity: Utiliza contenido similar de la imagen para los correspondientes pares.</p> <p>Use MTPs: Utiliza un número máximo de pares de imágenes con contenido de imagen similar.</p>

Continua →

<i>Target Number of Keypoints</i>	Automatic	Permite restringir el número de puntos clave a extraer de manera automática del fotograma. Al extraer los puntos clave por imagen, un marcador interno es asignado a ellos. Basándose en esta puntuación, se seleccionan los mejores puntos significativos.
<i>Rematch</i>	Custom	Rematch: Permite añadir más puntos después de la primera parte del proceso inicial, que por lo general mejora la calidad de la reconstrucción del modelo.
<i>Output Coordinate System</i>	GCS_WGS_1984 EGM-2008	Define la referencia espacial de salida de los productos.

Para los ajustes del procesamiento se trabaja en la pestaña *Dense*, que tiene como objetivo establecer los parámetros para la densificación de nubes de puntos. Se configuraron las especificaciones descritas en la **Tabla 11**.

Tabla 11.

Ajuste de las especificaciones de procesamiento dentro de la pestaña Dense.

Ajuste de procesamiento	Especificación	Descripción
<i>Image Scale</i>	½	Se utiliza para calcular puntos 3D adicionales. Esta es la escala de la imagen recomendada.

Continúa →

<i>Minimum Number of Mathes</i>	3	Cada punto 3D debe reproyectarse correctamente en al menos cinco imágenes. Esta opción reduce el ruido y mejora la calidad de la nube de puntos. Esta opción se recomienda para proyectos de imágenes oblicuas que tienen una alta superposición
<i>Point Cloud Densification</i>	9x9	Busca una posición más precisa para los puntos densificados en las imágenes originales. Sugerido cuando se utilizan imágenes oblicuas y terrestres.

En la pestaña *2D Products* que cumple con la finalidad de la generación del DTM y DSM se establecieron las especificaciones de procesamiento descritas en la **Tabla 12**.

Tabla 12.

Ajuste de las especificaciones de procesamiento dentro de la pestaña Products 2D.

Ajuste de procesamiento	Especificación	Descripción
<i>Create Digital Surface Model</i>	Method: Inverse Distance DSM Filters: Sharp Use Noise Filtering	Inverse Distance: Los valores desconocidos se calculan con un promedio ponderado de los valores en los puntos conocidos.

Continua →

<i>Create Digital Terrain Model</i>	Automatic	Se utiliza la resolución de las imágenes de origen. Cambiar este valor cambia la resolución por múltiplos de la GSD.
-------------------------------------	-----------	--

En la pestaña *3D Products* que cumple con la finalidad de la generación del modelamiento tridimensional se establecieron las especificaciones de procesamiento descritas en la **Tabla 13**.

Tabla 13.

Ajuste de las especificaciones de procesamiento dentro de la pestaña Products 3D.

Ajuste de procesamiento	Especificación	Descripción
<i>Create Point Clouds</i>	Las	La nube de puntos densificados se utiliza para generar una superficie compuesta de triángulos. Utiliza los puntos para minimizar la distancia entre los puntos y la superficie.
<i>Create Textured Meshes</i>	Scene Layer Package	Texture Quality -Permite definir la
Una malla de nivel de detalle permite ajustar la resolución y la cantidad de niveles de detalle de su malla.	Texture Quality: Medium Number of Levels: 3	resolución de la textura. Medium:1024x1024 Número de niveles: permite definir el número de diferentes niveles de detalle que se genere entre 1 y 7.

Continua →

<i>Settings</i>	Medium Resolution	Constituye un buen equilibrio entre el tamaño, tiempo de cálculo, y el nivel de detalle de la textura en 3D de malla.
-----------------	-------------------	---

Finalmente se realizó mediante la herramienta *Draw* un recorte del área de interés para disminuir el tiempo de procesamiento y delimitar con líneas rectas el área de estudio (ver *Figura 38*).

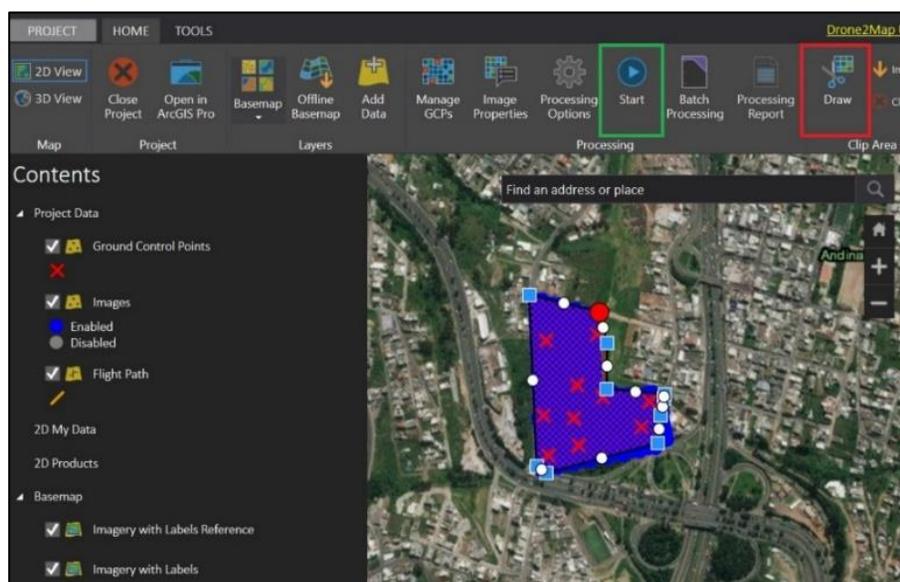


Figura 38. Recorte del área de procesamiento e inicio del modelamiento 3D.

3.6. Extracción automática de edificaciones

Una vez obtenidos los productos de la cartografía catastral 2D se obtuvieron los polígonos para su posterior extrusión. con la nube de puntos generada en el software Drone2map se realizaron

los raster DTM, DSM y nDSM obtenidos de la resta entre el DSM y DTM y finalmente se elevaron los polígonos a la altura de la nube de puntos de los techos de las edificaciones (ver *Figura 39*)

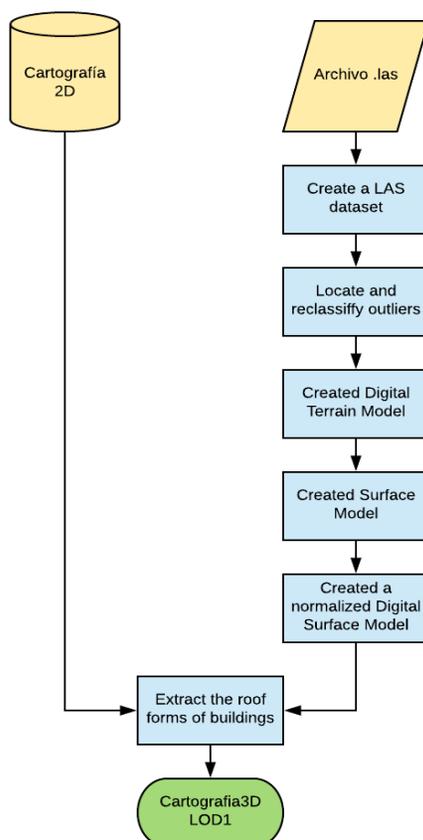


Figura 39. Proceso de extrusión de polígonos.

3.7. Validación de la exactitud posicional

Para la validación de la exactitud posicional se realizó el rastreo de 43 puntos de control (ver *Figura 40*) mediante el método Real Time Kinematic (RTK), con un tiempo de rastreo de 10 s. y un intervalo de registro de 1 segundo, en el sistema de referencia WGS 84 UTM Zona 17 S y EGM 2008. Posteriormente se tomaron en cuenta 26 puntos para la validación del ortomosaico y 36

puntos para la validación del modelamiento tridimensional. Se compararon las coordenadas que fueron extraídas del pichando con las coordenadas del rastreo RTK (ver **Anexo 12** y **Anexo 13**).

A continuación se realizó el control de calidad bajo la norma NSSDA, mediante la normativa “Geospatial Positioning Accuracy Standards” Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy, emitido por la *Federal Geographic Data Comitee* (FGDC); en ella se utiliza el método del Error Cuadrático Medio (RMSE) con el objetivo de estimar la exactitud posicional en la cartografía 2D y 3D.

Para la **precisión horizontal** se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{cartografía} - x_{Punto\ de\ control})^2}{n}} \quad (1)$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_{cartografía} - y_{Punto\ de\ control})^2}{n}} \quad (2)$$

Donde:

$x_{cartografía}$, $y_{cartografía}$ = Son las coordenadas del punto extraídas sobre la ortofoto.

$x_{Punto\ de\ control}$, $y_{Punto\ de\ control}$ = Son las coordenadas del punto obtenidas en el rastreo RTK

n = número de puntos muestreados en el control horizontal

Una vez obtenidos los resultados del $RMSE_x$, $RMSE_y$ se pudo generar los siguientes casos:

Caso 1: $RMSE_x = RMSE_y$, el RMSE horizontal se calcula mediante la fórmula (3).

$$RMSE_r = \sqrt{2 * (RMSE_x)^2} \quad (3)$$

Si el error es normalmente distribuido e independiente en cada uno de los componentes (x,y) ; el factor 1.7308 se utiliza para calcular la precisión horizontal en el nivel de confianza del 95%. (4):

$$Accuracy_r = 1.7308 * RMSE_r \quad (4)$$

Caso 2: Aproximación del error estándar circular cuando $RMSE_x \neq RMSE_y$

$$RMSE_r = 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y) \quad (5)$$

Si $\frac{RMSE_{min}}{RMSE_{max}}$ esta entre 0.6 a 1, entonces el error estándar circular puede aproximarse mediante la fórmula (5). Si el error es normalmente distribuido e independientes en cada uno de los componentes (x,y); el valor de precisión horizontal de acuerdo con NSSDA se calcula mediante la fórmula (6):

$$Accuracy_r = 2.4477 * 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y) \quad (6)$$

Para la **precisión vertical** se utilizaron las siguientes formulas:

$$RMSE_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z_{modelamiento\ tridimensional} - z_{Punto\ de\ control})^2}{n}} \quad (7)$$

Donde:

$z_{modelo\ tridimensional}$ = Son las coordenadas del punto extraídas sobre la ortofoto.

$z_{Punto\ de\ control}$ = Son las coordenadas del punto obtenidas en el rastreo RTK

n = número de puntos muestreados en el control horizontal

El factor 1.96 se aplica para calcular el error lineal en el nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor de precisión vertical de acuerdo con la NSSDA se calcula mediante la fórmula (8):

$$Accuracy_z = 1.96 * RMSE_z \quad (8)$$

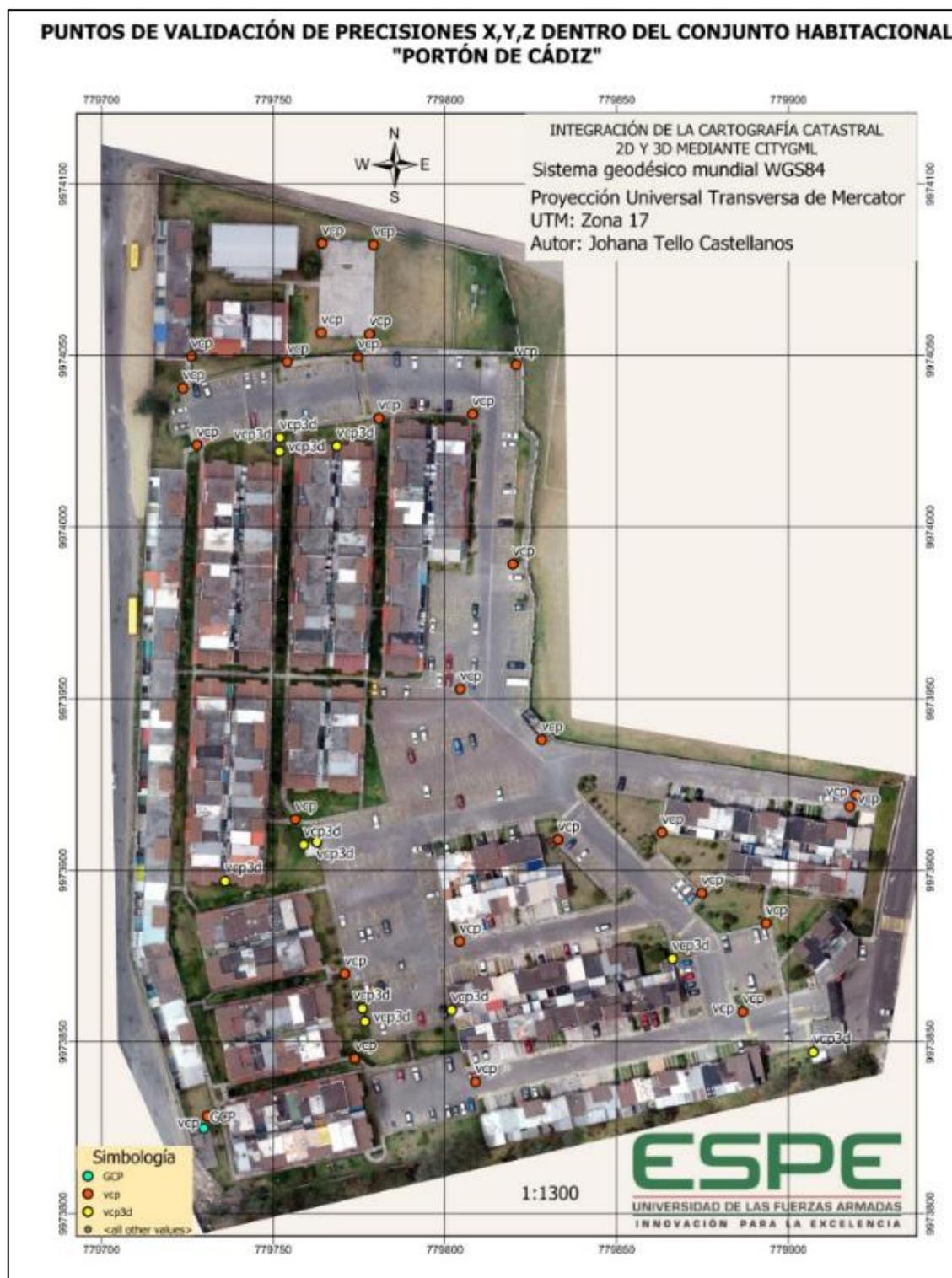


Figura 40. Distribución de puntos de verificación para la exactitud posicional.

3.8. Generación del visualizador web

Para la generación del visualizador web se integraron dentro del portal de *Arcgis Online* las capas “Cartografía2D”, “Cartografía3D” y “PuntosValidaciónRTK”. Cada capa genera un *web feature layer*, un *scene layer* y un *web scene*, de tal forma que todos los *web feature layer* serán integrados en una sola escena para desarrollar la aplicación de visualización (ver **Figura 41**).

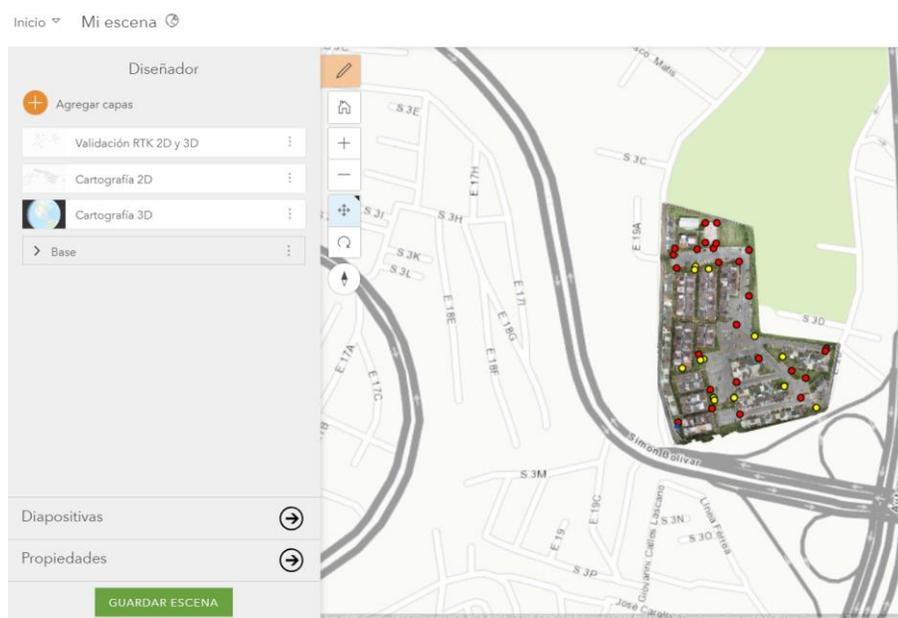


Figura 41. Generación de Web Scene dentro de Arcgis Online

Una vez generada la escena, debe ser integrada a la aplicación *Web AppBuilder* por medio de la herramienta *Add Scene*. Posteriormente se generaron 13 *Widgets* con la finalidad de crear controladores en una interfaz gráfica que cumplen con funciones específicas como: controlar el zoom, la barra de búsqueda, la generación de coordenadas, la navegación 3D, medición de volumen, perímetro y área, la visualización de leyenda y capas y la posibilidad de compartir la aplicación mediante un link URL. El usuario podrá controlar totalmente la aplicación a través de

los controladores (widgets) y conocer la información catastral mediante las ventanas emergentes (pop up) (ver **Figura 42**).

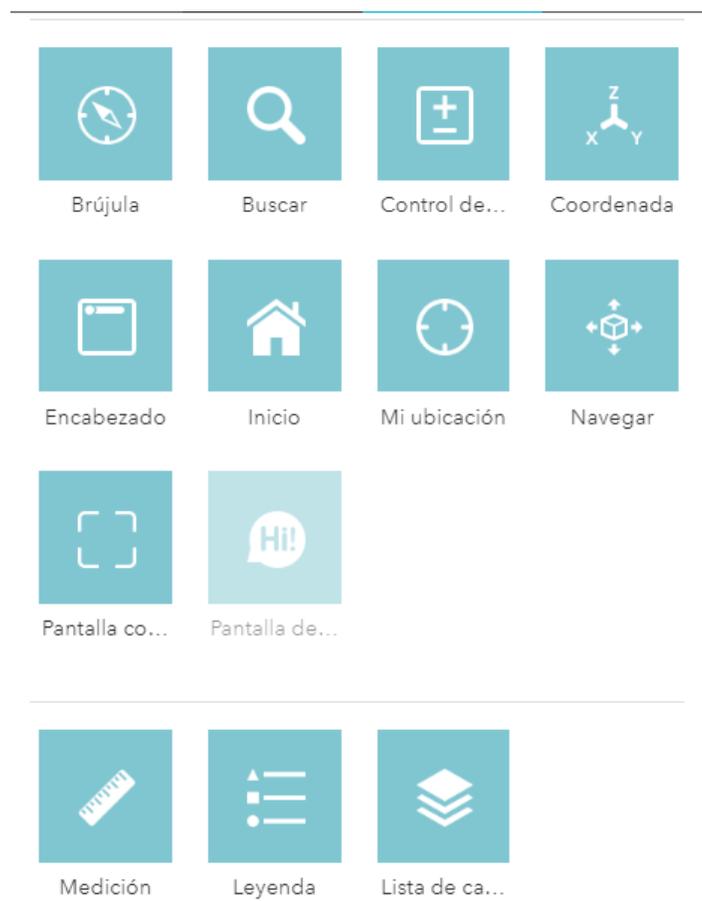


Figura 42. Generación de widgets para la aplicación web.

3.9. Transformación de formato. sph a formato gml

Para la transformación de formato se utilizó el software FME. una vez obtenido el software se ejecutó un proceso ETL (Extraction, Transformer, Loading) en FME Workbench 2018.1, en el que se incluyó un *reader* que lee todos los dataset de una File Geodatabase “Cartografía2D”, el software detectó automáticamente el sistema de coordenadas de los archivos de entrada (ver **Figura 43**), a

continuación se añade un *writer* que tiene como formato el modelo de datos CityGML (formatos de salida .gml, gz, xml), se incluye la ubicación del archivo output y el sistema de coordenadas que fue importado del dataset reader (ver **Figura 44**); finalmente se ejecutan los parámetros de transformación para el cambio de formatos (ver **Figura 45**).

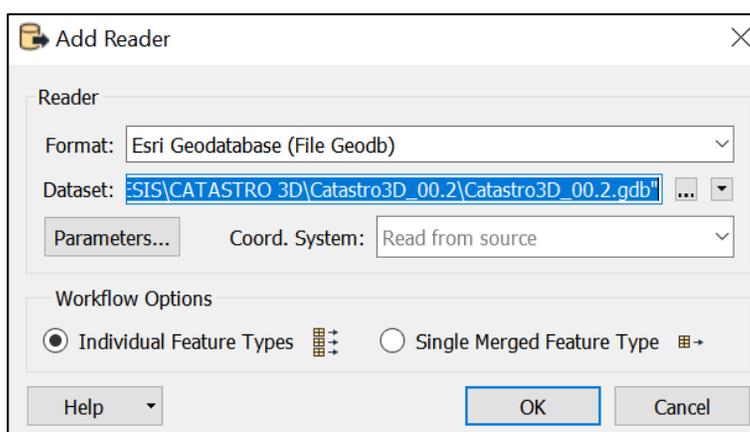


Figura 43. Inclusión de *reader* en FME Workbench

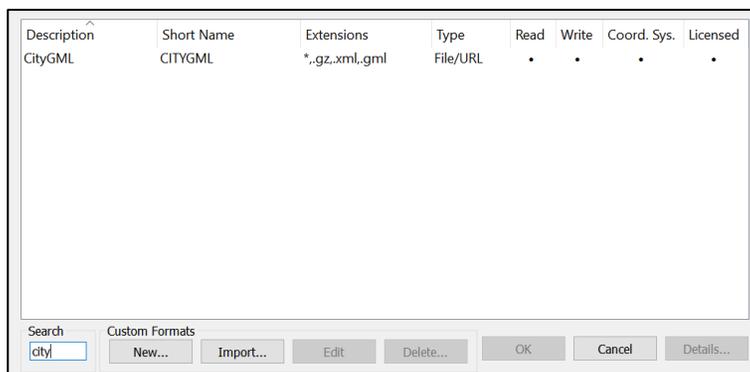


Figura 44. Formato *output* de transformación

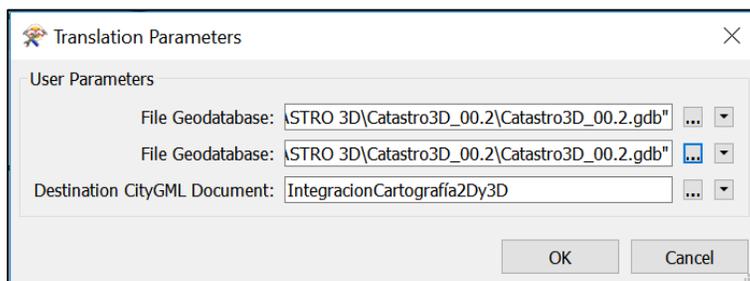


Figura 45. Parámetros de transformación de formatos.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este capítulo expone los resultados derivados de la metodología que abarca lo referente a la recolección de datos en campo con ficha catastral offline, generación de un ortomosaico y un modelo tridimensional, generación de cartografía 2D y 3D.; para finalmente comprobar si es viable una integración de la cartografía catastral 2D y 3D en un entorno web y si este cumple con las precisiones requeridas por la normativa NSSDA.

4.1. Puntos de control fotogramétrico GCPs

Los puntos de control se distribuyeron aleatoriamente por el área de estudio (ver **Figura 46**), estos puntos fueron enlazados a la red de monitoreo continuo del Ecuador (REGME) utilizando la estación EPEC, que se encuentra en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE que se encuentra a 10.1 Km del área de estudio.

El post-procesamiento de los 10 puntos de control se realizó en el software *Trimble Business Center* utilizando los datos Rinex de observación GNSS y posteriormente anexando los puntos a la Red de monitoreo continuo, obteniendo el 75% de precisiones milimétricas y el 25% centimétricas tanto en horizontal como en vertical (ver **Tabla 3**).



Figura 46. Distribución de puntos de control fotogramétrico dentro del área de estudio.

4.2. Generación del ortomosaico ortogonal

Una vez realizado el vuelo ortogonal con tipo de mallado simple se obtuvieron 328 fotografías en el sistema de coordenadas WGS84, entre las propiedades más relevantes de los fotografías se encuentra: dimensión de 4864 px ancho por 3648 px de alto, una resolución horizontal y vertical de 72 ppp, distancia focal de 9mm y una longitud focal de 24mm (ver *Figura 47* y *Figura 48*).

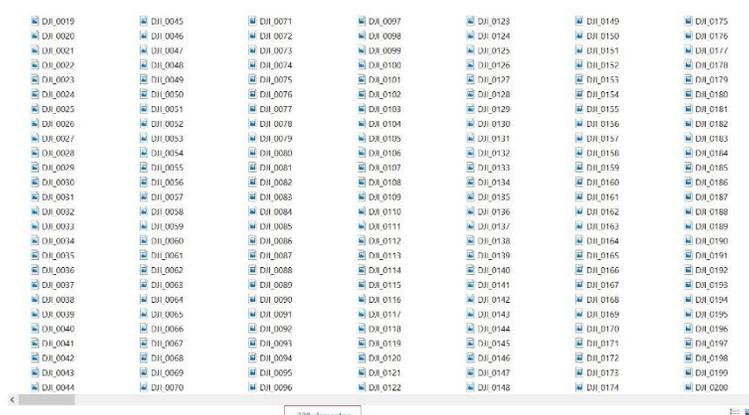


Figura 47. Detalle de los fotografías capturados por el UAV.

Imagen		Cámara	
Id. de imagen		Fabricante de cámara	DJI
Dimensiones	4864 x 3648	Modelo de cámara	FC6310S
Ancho	4864 píxeles	Punto F	f/6.3
Alto	3648 píxeles	Tiempo de exposición	1/640 s
Resolución horizontal	72 ppp	Velocidad ISO	ISO-100
Resolución vertical	72 ppp	Compensación de exposición	0 paso
Profundidad en bits	24	Distancia focal	9 mm
Compresión		Apertura máxima	2.97
Unidad de resolución	2	Modo de medición	Promedio central ponder...
Representación del color	sRGB	Distancia al objeto	0 mm
Bits comprimidos/píxel	3.2985197368421053	Modo de flash	Sin función de flash
GPS		Intensidad de flash	
Latitud	0; 14; 9.255499999999999...	Longitud focal de 35 mm	24
Longitud	78; 29; 6.362599999999993...		
Altitud	2797.333		

Figura 48. Propiedades de los fotografías capturados por el UAV.

Posteriormente se realizó el procesamiento en el software Pix4D con el *Template* de productos 2D, donde se generó un informe de control de calidad que detalla las características generales de procesamiento (ver **Tabla 14**), se obtuvo un ortomosaico de 1.44 cm de GSD y de área de 6.85 ha².

Tabla 14.

Resumen de las características generales del procesamiento para generación de ortomosaico ortogonal.

<i>Project</i>	<i>Ortomosaico_ortogonal</i>
<i>Camara Model Name</i>	<i>FC6310_8.8_4864x3648 (RGB)</i>
<i>Average Ground Sampling Distance (GSD)</i>	<i>1.44 cm / 0.57 in</i>
<i>Area covered</i>	<i>0.068 km², 6.8461 ha²</i>

Dentro del procesamiento se generaron 50.053 keypoint por imagen que indica el valor máximo de puntos característicos en cada imagen que se tomarán en cuenta en el alineado de fotos, se ajustó la generación del ortomosaico con 7 puntos de control y con un error cuadrático medio de 1 cm (ver **Tabla 15**).

Tabla 15.

Control de calidad del procesamiento de la generación del ortomosaico.

<i>Images</i>	<i>Median of 50053 keypoint per image</i>
<i>Dataset</i>	<i>328 out 328 images calibrated (100 %), all images enabled.</i>
<i>Camera Optimization</i>	<i>0.37 % relative difference between initial and optimized internal camera parameters</i>
<i>Matching</i>	<i>Median of 28519 matched per calibrated image</i>
<i>Georeferencing</i>	<i>Yes, 7 GCPs (7 3D), mean RMS error = 0.01 m</i>

Se obtuvo las precisiones medias e incertidumbres de orientación tanto de las coordenadas planimétricas, altimétricas como de los ángulos de inclinación con las que el dron se posicionó durante la captura de los fotogramas (ver **Tabla 16**).

Tabla 16.

Posición absoluta de la cámara e incertidumbres de orientación.

	x(m)	y(m)	z(m)	Omega (degree)	Phi (degree)	Kappa (degree)
<i>Mean</i>	0.003	0.003	0.018	0.001	0.001	0.001
<i>Sigma</i>	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.000

Según (Caicedo, 2018) y(Sani, 2015) realizar ortofotos para escalas grandes mediante UAVs es viable y adicionalmente cumplen con la Normativa Ecuatoriana y la Norma ISO 19157, lo cual se confirma con los resultados de este proyecto de investigación al generarse un ortomosaico de 6.85 ha², en el sistema de coordenadas WGS84 UTM zona 17S (EGM 2008) en escala 1:1.000 (ver *Figura 49*).



Figura 49. Ortomosaico de la zona de estudio con precisión de 1 cm

4.3. Generación de la cartografía bidimensional

De la información recopilada por el área de avalúos y catastros del Municipio Metropolitano de Quito se obtuvo la cartografía de los bloques constructivos. Estos bloques se encuentran divididos en 16 unidades (ver **Figura 50**) que están atadas a una clave catastral según lo establecido por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.



Figura 50. División de los bloques constructivos dentro del Conjunto Portón de Cádiz.

Como resultado se obtuvo el perímetro y área de los 16 bloques constructivos. Estos son presentados en unidades métricas cuadradas; además se muestra el catálogo del bloque que contiene los dígitos establecidos para provincia, cantón y parroquia, zona y sector, manzana, lote y bloque (ver **Anexo 11**)

El bloque con mayor área dentro del conjunto “Portón de Cádiz” es el 2040503008003 con un área total de 1.813,591 m², mientras que el bloque con menor área es 2040503008014 con un área total de 223,574 m², ver **Tabla 17**.

Tabla 17.

Identificación del catálogo de bloques en el área de estudio.

ID	Perímetro (m²)	Área (m²)	Catálogo del bloque
1	104,854	404,564	2040503008001
2	80,520	352,423	2040503008002
3	80,057	314,883	2040503008002
4	408,892	1813,591	2040503008003
5	178,504	1214,094	2040503008004
6	192,460	1351,986	2040503008005
7	210,103	1123,179	2040503008006
8	180,377	1202,331	2040503008007
9	114,615	628,568	2040503008008
10	120,085	680,466	2040503008009
11	118,242	630,187	2040503008010
12	177,866	988,516	2040503008011
13	118,517	680,673	2040503008012
14	188,435	1189,063	2040503008013
15	52,966	148,991	2040503008014
16	42,016	74,583	2040503008014
17	132,796	818,231	2040503008015
18	200,160	814,485	2040503008016
19	38,198	82,500	2040503008016

Posterior a la digitalización sobre la ortofoto se obtuvieron 340 polígonos anidados con un identificador único (clave predial) a una geodatabase que fue descargada de la App Survey123, donde se encuentra la información levantada en campo (ver *Figura 51* *Figura 51*).



Figura 51. División predial del área de estudio.

4.4. Generación de modelo tridimensional texturizado.

Con el procesamiento de 939 fotogramas dentro del software Drone2map se obtuvo un modelamiento tridimensional en nivel LoD2 que consiste en representar paredes verticales, techo y texturas (ver *Figura 52*), en sistema de referencia WGS84 UTM/Zona 17S/ (EGM 2008 Geoid) El modelo cuenta con las características especificadas en la **Tabla 18**.

La resolución y densificación de los puntos fue de calidad media debido a las limitaciones en memoria RAM del hardware.

El procesamiento se realizó con un hardware de las siguientes características: Core (TM) i7-6700HQ, con un procesador de 2.60GHz, memoria RAM: 16GB además de una tarjeta gráfica HD Graphics 530 y un sistema operativo de Windows 10 (64 bits).

Tabla 18.

Reporte de procesamiento del modelo tridimensional texturizado.

<i>Project</i>	<i>Modelamiento3DI</i>
<i>Format</i>	<i>.slpk</i>
<i>Camara Model Name</i>	<i>FC6310_8.8_5472x3648 (RGB)</i>
<i>Average Ground Sampling Distance (GSD)</i>	<i>1.00 cm / 0.39 in</i>
<i>Area covered</i>	<i>0.073 km² / 7.2909 ha</i>
<i>Georeferencing</i>	<i>RMS: 0.02 m</i>



Figura 52. Modelo tridimensional texturizado.

4.5. Transformación de cartografía catastral 2D a 3D en forma vectorial.

Mediante el proceso de extrusión realizado en el Software ArcgisPro versión 2.1 se obtuvieron 340 edificaciones de nivel LoD1 es decir un cubo vectorial en tres dimensiones sin texturización, cada cubo tiene integrado los atributos de la geodatabase de la cartografía catastral 2D (ver *Figura 53*).

Según (Prieto, Izkara, & Usobiaga, 2012) mencionan que es factible realizar un modelo realista estandarizado 3D que represente de forma fiel a la realidad utilizando datos de organismos oficiales; se concuerda con lo antes mencionado puesto que la extrusión de edificaciones es un proceso automático viable y eficiente de procesamiento. Añadiendo que la cartografía catastral 2D se encuentra disponible en los Gobiernos Autónomos descentralizados encargados de la integración y actualización del catastro urbano y rural. El nivel de visualización LoD1 de las edificaciones

permite obtener una visión real de la distribución y área constructiva, lo que genera una toma de decisiones más acertada sobre el territorio.

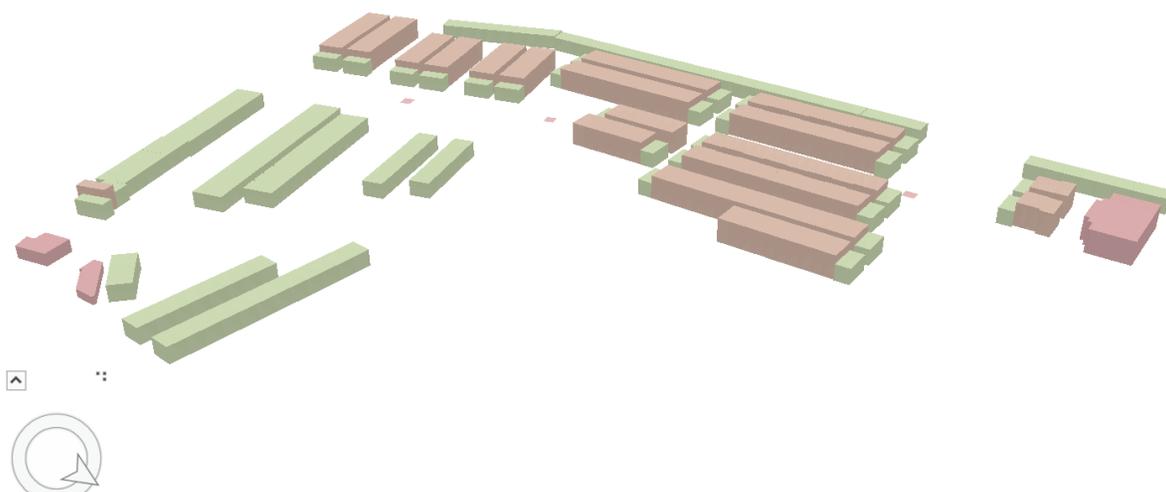


Figura 53. Migración de la cartografía catastral 2D a 3D

4.6. Validación de la cartografía catastral 2D y 3D mediante la normativa NSSDA

4.6.1. Exactitud posicional horizontal aplicada sobre el ortomosaico

Se tuvieron en cuenta 26 puntos para la aplicación de la metodología expuesta en el punto 3.7, que tiene por objetivo el validar la exactitud posicional horizontal de la ortofoto como producto cartográfico. Los resultados de la evaluación se pueden observar en la (**Tabla 19**):

Tabla 19.

Aplicación de la norma NSSDA para los componentes x,y

Componentes	RMSE (m)
x	0,045
y	0,033

Al ser $RMSE_x \neq RMSE_y$ se aplicó el Caso 2 y las fórmulas (5) y (6), siendo la exactitud posicional horizontal de 0.095 m y un error cuadrático medio $RMSE = 0.055$, al 95% de confianza.

$$RMSE_r = 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$$

$$RMSE_r = 0.5 * (0.045 + 0.033)m$$

$$RMSE_r = 0.055 m$$

$$Accuracy_r = 2.4477 * 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$$

$$Accuracy_r = 2.4477 * 0.5 * 0.055 m$$

$$Accuracy_r = 0.095 m$$

4.6.2. Exactitud posicional horizontal y vertical aplicada sobre el modelo tridimensional texturizado

Se tuvieron en cuenta 36 puntos para aplicar la metodología expuesta en el punto **3.7** con el objetivo de validar la exactitud posicional horizontal y vertical del modelo tridimensional

texturizado como producto cartográfico 3D. Los resultados de la validación se pueden observar en la (Tabla 20):

Tabla 20.

Aplicación de la norma NSSDA para los componentes x,y,z

Componentes	RMSE (m)
x	0,046
y	0,056
z	0,034

Al ser $RMSE_x \neq RMSE_y$ se aplicó el Caso 2 y la formula (5) y (6), siendo la exactitud posicional horizontal de 0.125m y un error cuadrático medio $RMSE = 0.051$, al 95% de confianza.

$$RMSE_r = 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$$

$$RMSE_r = 0.5 * (0.046 + 0.056)m$$

$$RMSE_r = 0.051 m$$

$$Accuracy_r = 2.4477 * 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$$

$$Accuracy_r = 2.4477 * 0.5 * 0.051 m$$

$$Accuracy_r = 0.125 m$$

Se aplicaron la formula (7) y (8) para calcular la exactitud posicional vertical obteniéndose un resultado de 0.068 m y un error cuadrático medio $RMSE = 0.034$, al 95% de confianza.

$$RMSE_r = 0.034 \text{ m}$$

$$Accuracy_z = 1.96 * RMSE_z$$

$$Accuracy_z = 0.068$$

Los productos cartográficos 2D y 3D se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para la validación horizontal y vertical establecidos por la Norma Ecuatoriana A2: “Especificaciones técnicas generales para la realización de cartografía topográfica a cualquier escala” (ver **Tabla 21**).

Tabla 21.

Exactitud posicional de productos cartográficos bidimensionales y tridimensionales

Exactitud posicional	Ortofoto (m)	Modelo tridimensional texturizado (m)	Limite permisible (m)
Accuracy horizontal	0,095	0,125	0,3
Accuracy vertical		0,068	0,25

4.7. Integración de la cartografía catastral 2D y 3D en un visualizador web.

Se integró la cartografía 2D extruida y la cartografía tridimensional texturizada (ver **Figura 54**), mediante la aplicación Web AppBuilder for Arcgis basada en el lenguaje de programación en HTML5 / JavaScript. Se obtuvo una aplicación compatible con cualquier dispositivo móvil y con los sistemas operativos Android, IOS y Windows; la accesibilidad a la aplicación se ejecuta de manera online mediante el URL: <http://arcg.is/08Dbny>.



Figura 54. Integración de cartografía catastral 2D y 3D.

La aplicación cuenta un modelamiento tridimensional texturizado en formato slpk y con dos webs features layers: “Cartografía 2D”, “Validacion RTK 2D y 3D”. Además, se integró a la aplicación 17 widgets que brindan herramientas para una interacción eficaz con el usuario (ver **Figura 55**).

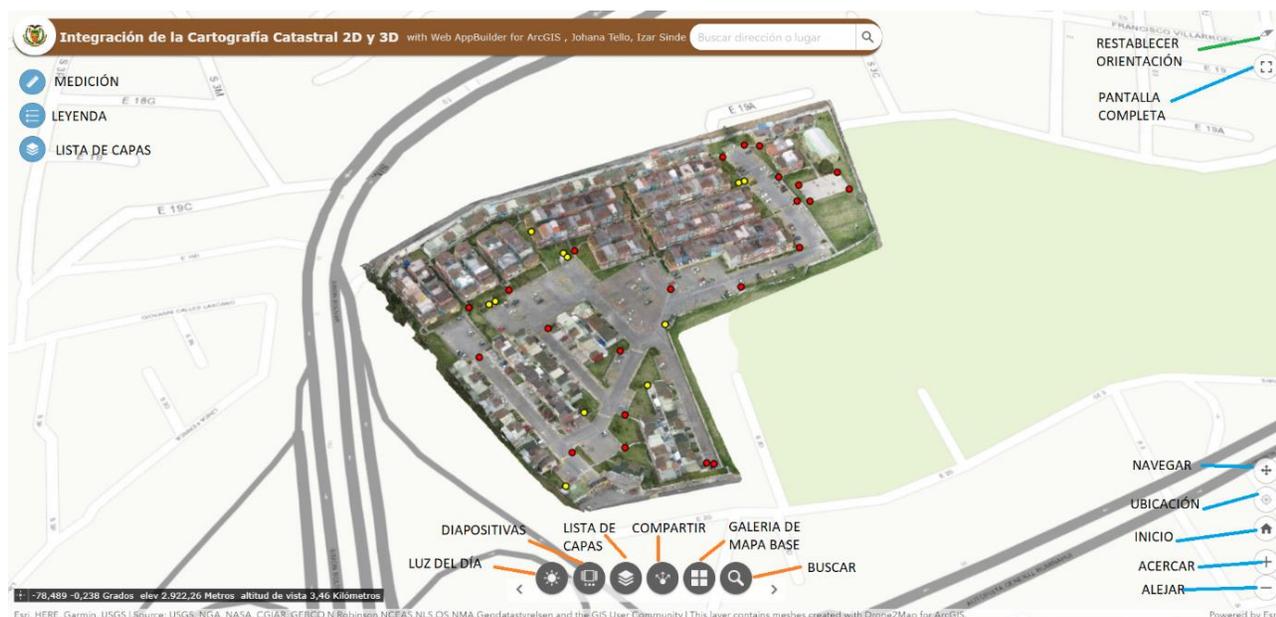


Figura 55. Integración de widgets a la aplicación catastral.

Se obtuvieron 340 pop-up, visualizándose como ventanas emergentes en donde aparece el contenido de la Geodatabase de la Cartografía 2D (ver *Figura 56*).

La aplicación se encuentra referida al sistema de referencia WGS84, y los widget que la integran son :

- “Coordenadas” esta herramienta muestra las coordenadas geográficas (latitud, longitud, altura)
- Brújula
- Buscar
- Control de zoom
- Encabezado
- Inicio
- Mi ubicación
- Navegar
- Pantalla
- Medición esta herramienta permite calcular volúmenes, áreas y perímetros.
- Leyenda
- Lista de capas

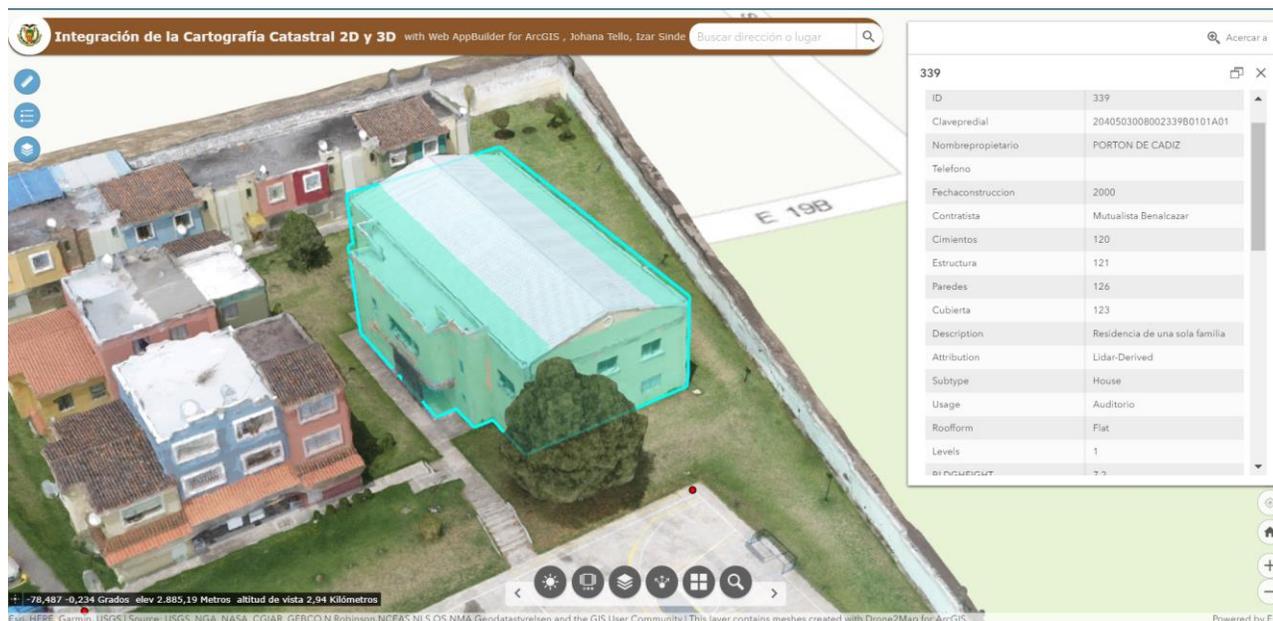


Figura 56. Integración de pop up a la aplicación catastral.

4.8. Estandarización de la cartografía 3D a formato CityGML.

Se obtuvo la representación geométrica, y el intercambio de atributos del feature de la cartografía catastral 2D extruida al archivo gml, y se estandarizó bajo el modelo de datos CityGML específicamente en el apartado “Building”, utilizando el software FME Workbench (ver **Figura 57**)

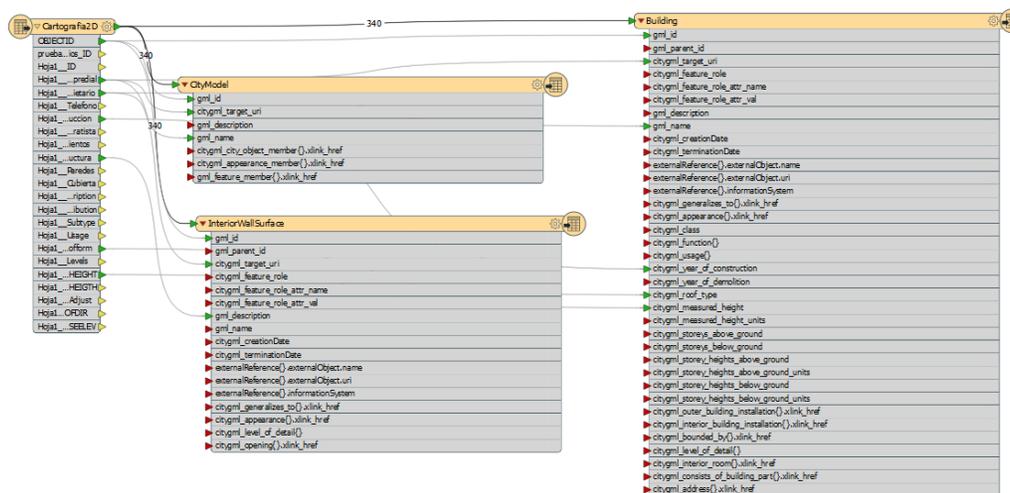


Figura 57. Estandarización bajo el modelo de datos CityGML

Se generó un archivo Catastro3D en formato .gml y en conjunto con el software FME Data Inspector. Se puede visualizar las 340 edificaciones y los atributos en los campos estandarizados bajo el modelo de datos CityGML (ver **Figura 58**).

citygml_feature_role	citygml_feature_role_attr_name	citygml_feature_role_attr_val	gml_description	gml_name	citygml_creationDate	citygml_terminationDate	citygml_class	cityg
cityObjectMember	<missing>	<missing>	<missing>	RIVADENEIRA G...	<missing>	<missing>	<missing>	2000
cityObjectMember	<missing>	<missing>	<missing>	DORIS ZURITA	<missing>	<missing>	<missing>	2000

Figura 58. Visualización del archivo “IntegraciónCartografia2Dy3D”.

4.8.1. Tamaño y tipo de archivo

Como muestra la **Tabla 22** el peso de las capas “Cartografía2D”, “ValidacionRTK” las cuales se encuentran en formato .shp es mayor en 748.04 KB al peso del archivo “IntegraciónCartografía2Dy3D” en formato. gml.

Tabla 22.

Tamaño de los archivos respecto a sus formatos.

5,6	Peso	Estandarización KB
Cartografía2D.gdb	1,71 MB	1751,04
IntegraciónCartografía2Dy3D.gml	1003 KB	1003

CAPÍTULO IV

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El uso de Vehículos Aéreos no Tripulados UAV ligado al uso de software de procesamiento de fotogramas como Pix4D y Drone2map, permite la generación de productos cartográficos bidimensionales como ortofotos en formato .tiff y productos tridimensionales en formato. slpk, .obj, .las, .zlas.
- La aplicación *Survey123 for Arcgis* permite la creación de una ficha catastral *offline*, que optimiza el tiempo de recolección de datos y facilita el manejo de la información catastral. La mejora de rendimientos se vuelve evidente por la eliminación de la digitación manual de las fichas catastrales tradicionales, permitiendo una descarga inmediata de la información en formato. gdb .xlxs .csv.
- El software ArcgisPro permite la extrusión de los polígonos bidimensionales elevando las superficies a la altura generada por los datos formato las; el tiempo de procesamiento para la extrusión de 340 edificaciones fue de 1 h y 30 minutos, generándose un feature tridimensional que conserva los atributos de la cartografía catastral 2D.
- Se utilizó la normativa NSSDA para implementar un control de calidad a los productos cartográficos bidimensionales y tridimensionales generados en este estudio. Los resultados muestran una exactitud posicional horizontal en el ortomosaico de 0.095 m y para el modelo tridimensional texturizado una exactitud posicional horizontal de 0.125 m y una exactitud posicional vertical de 0.068 m; en ambos productos se cumple con la tolerancia requerida

por la Norma Ecuatoriana A2: “Especificaciones técnicas generales para la realización de cartografía topográfica a cualquier escala”.

- Es factible la integración de la cartografía catastral bidimensional y tridimensional en un portal web mediante la aplicación Web AppBuilder. El portal web está referido al sistema de coordenadas WGS84; contiene *widgtes* y ventanas emergentes con las que el usuario puede visualizar los atributos de la cartografía catastral e interactuar con las herramientas. Algunas de las funcionalidades que se añaden al visualizador a través de estos *widgtes* son la posibilidad de encender y apagar capas, visualizar la leyenda, controlar el zoom, medir volumen, área y perímetro, buscar coordenadas en cualquier punto, cambiar mapa base y compartir el portal web mediante un link URL.
- La estandarización al modelo de datos CityGML es viable mediante el Software FME, y se realiza a través del lenguaje de etiquetas. Este modelo de datos agiliza la transferencia de información y reduce significativamente el peso de los archivos.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda tomar puntos de control fotogramétricos GCPs sobre las edificaciones, con la finalidad de aumentar la precisión vertical del modelo tridimensional texturizado.
- El vuelo sobre el área de estudio debe realizarse en condiciones climáticas favorables, el intervalo de horas recomendables es de 11:30 a 13:30 y la altura de vuelo no debe sobrepasar los 40 m a causa de la distorsión en la texturización de las superficies inferiores de las edificaciones.

- Se recomienda disponer de un hardware con amplia memoria RAM en vista que el software Drone2map almacena y procesa en la memoria temporal, de esta manera se podrían integrar un mallado doble que aumentaría la resolución grafica del modelo tridimensional.
- El uso de UAV con tecnología RTK disminuiría los puntos de control fotogramétrico, dado que las etiquetas geográficas en los fotogramas serían de mayor precisión, esto se debe a que el obturador de la cámara estará conectado directamente a una base GPS. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la adquisición de este instrumento aumentaría significativamente el costo del proyecto.
- Se recomienda seguir investigando el modelo de datos CityGML para representación, almacenamiento e intercambio de modelos 3D de objetos urbanos, e integrar más variables como carreteras, puntos de interés, secciones censales, zonas verdes, etc.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Trimble Business Center. (20 de 09 de 2018). *Trimble Business Center*. Obtenido de Trimble Business Center: <https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/trimble-business-center>
- Acuerdo Ministerial 29-16. (2015). *Normas técnicas nacionales para el catastro de bienes inmuebles urbanos - rurales y avalúos de bienes; operación y cálculo de tarifas por los servicios técnicos de la Dirección Nacional de Aváluos y Catastro*. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Altyntsev, M., Arbuzov, S., Popov, R., Tsoi, G., & Gromov, M. (2016). UAV:Accuracy estimation for a automatically generated dense digital surface model and orthothoto plan . *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXIII ISPRS Congress*, (págs. 12-19). Prague,Czech Republic.
- Álvares, M., Raposo, J., & Bello, A. (2018). Metodología de Generación de Modelos Virtuales Urbanos 3D para ciudades inteligentes. *ResearchGate*, 1-12.
- Caicedo, A. (2018). *Evaluación de la calidad posicional de productos cartográficos catastrales y modelamiento 3D empleando UAVs comerciales*. Quito: ESPE.
- Cheng, Y., Xue, D., & Li, Y. (2007). A Fast Mosaic Approach for Remote Sensing Images. *International Conference on Mechatronics and Automation*.
- CityGML. (23 de Marzo de 2014). *CityGML*. Obtenido de OGC Making location count: <http://www.opengeospatial.org/node/2054>
- Conejo, C., & Virgós, L. (2015). *Evolución de la cartografía catastral como soporte gráfico territorial de los bienes inmuebles*. SGEI.
- Constitución de la República del Ecuador . (2008).
- Department of Defense EEUU. (2011). *Advanced concept technology demonstration*. Office of Secretary Of Defense. Recuperado el 16 de 09 de 2018, de <http://www.disa.mil/News/PressResources/Fact-Sheets/ACTD>
- DJI. (2017). *Manual de usuario VI.2 Phantomm 4 PRO/PRO+*. DJI.
- Dron2map. (2018). *ESRI*. Obtenido de <https://www.esri.com/library/fliers/pdfs/drone2map-for-arcgis.pdf>

- Eisenbeib, H. (2009). *UAV Photogrammetry*. Zurich, Switzerland: University of Technology Dresden.
- Erba, A., & Águila, M. (2007). *Catastro Multifinalitario aplicado a la definición de políticas de suelo urbano*. Cambridge: Lincoln Institute of land policy.
- Erba, A., Noguera, G., & Mangiaterra, A. (2015). Sistemas de referencia altimétrica para parcelas y objetos territoriales. *Revista Agrimesura*, 17-25.
- Gong, P., Biging, G. S., & Standiford, R. (2000). Technical note: Use of digital surface model for hardwood rangeland monitoring. *Journal of Range Management*, 622-626.
- Gustafsson, H., & Zuna, L. (2017). *Unmanned Aerial Vehicles for Geographic Data Capture: A review*. Stockholm, Sverige: Examensarbete Inom Teknik.
- Hirt, C. (2016). Digital Terrain Models. *ResearchGate*, 1-6.
- IGM. (2006). *Especificaciones técnicas generales para la realización de cartografía topográfica a cualquier escala*. Quito: Instituto Geográfico Militar .
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos . (2017). *Anexo 2* . Gobierno Nacional de la República del Ecuador .
- ISPRS. (2013). *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*.
- LOOTUS. (2016). *Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo*. Quito.
- López de la Sierra, A. (2014). *Planificación de vuelos fotogramétricos para UAV sobre cliente Qgis* . Escuela Politécnica de Mieres. Universidad de Oviedo.
- Lopez, S. (2011). *Introducción a las distribuciones normales*. Recuperado el 01 de 01 de 2019, de http://www.academia.edu/22573907/Introducci%C3%B3n_a_las_Distribuciones_Muestras.
- MAGAP. (2008). *Metodología de levantamiento catastral y legalización de la tenencia de la tierra*. Quito: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.
- MappingGIS. (15 de 07 de 2018). *MappingGIS*. Obtenido de ¿Qué es ArcGIS Pro?: <https://mappinggis.com/2013/09/que-es-arcgis-pro/>
- Mogrovejo, J. C. (2010). *El poder tributario municipal en el Ecuador* . Quito : Universidad Andina Simón Bolívar, Ediciones Abya-Yala.

- Mozas-Calvache, A. T., & Pérez-García, J. L. (2016). Analysis and Comparison of Lines Obtained from GNSS and UAV for Large-Scale Maps. *Journal of Surveying Engineering*.
- Municipio DMQ. (2013). *Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: Ordenanza Municipal 1, Registro Oficial 226.
- Nagesh Kumar, D. (2015). *Remote sensing- Digital Elevation Model*. India: NPTEL.
- National Spatial Data Infrastructure. (1998). *Geospatial Positioning Accuracy Standards*. National Standard for Spatial Data Accuracy.
- OGC. (23 de Marzo de 2014). *CityGML*. Obtenido de OGC Making location count: <http://www.opengeospatial.org/node/2054>
- Ojeda, L. (2014). *Los Sistemas de Información Geográfica, como herramienta más adecuada para el desarrollo de Proyectos de Catastro y la aplicabilidad de un Catastro en tres dimensiones, en un área piloto del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Oniga, V., Breaban, A., & Statescu, F. (2018). Determining the Optimum Number of Ground Control Points for Obtaining High Precision Results Based on UAS Images. *2nd International Electronic Conference on Remote Sensing*. Rumanía: MDPI.
- Open Geospatial Consortium . (2008). *OpenGIS® City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard*.
- Open Geospatial Consortium Inc. (2006). *OpenGIS Web Map Server Implementation Specification*. Jeff de la Beaujardiere.
- PIX4D. (20 de 10 de 2018). *PIX4D Support*. Obtenido de TOOLS - GSD calculator: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202560249-TOOLS-GSD-calculator>
- Prieto, I., Izgara, J., & Usobiaga, E. (2012). *Generación semiautomática de ciudades en 3D en CityGML a partir de fuentes de datos libres*. Research Gate.
- Rodríguez, R., Álvarez, M., Miranda, M., Díez, A., Papi, F., & Rodríguez, P. (2013). Obtención de modelos urbanos tridimensionales. *Informes de la construcción* , 229-240.
- Sani, J. (2015). *Vehículos aéreos no tripulados UAV para la elaboración de cartografía escalas grandes referidas al marco de referencia sirgas-Ecuador*. Quito: ESPE.
- Trimble. (2017). *Sistema Trimble R3, R4*. <https://www.trimble.com/>.

Trout, C. (2011). *Pix4D turns your 2D aerial photographs into 3D maps on the fly*. Recuperado el Octubre de 2018, de <https://www.engadget.com/2011/05/07/pix4d-turns-your-2d-aerial-photographs-into-3d-maps-on-the-fly/>.

Zurita, B. (2015). *Metodología para la obtención de catastro físico mediante el uso de nueva tecnología fotogramétrica*. Sangolquí: ESPE.

7. ANEXOS

Anexo 1. Monografía del punto GCP-01.

<p style="text-align: center;">MONOGRAFÍA DE PUNTO DE APOYO FOTOGRAMÉTRICO (GCP: GROUND CONTROL POINT)</p>					
					
INFORMACIÓN DEL PUNTO:					
Proyecto:	Nominativo del punto:	Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Sector:
TesisTello	GCP-01	Pichincha	Quito	Quito	San Francisco
CONTROL HORIZONTAL					
Coordenadas Geográficas:		Coordenadas UTM:		Precisión vertical:	0,004
Latitud (° ' '):	-0.236141372	Este (m):	779895,2639	Datum Horizontal:	ITRF 2008
Longitud (° ' '):	-78.48544373	Norte (m):	9973873,956	Fecha de determinación:	13/06/2017
Altura elipsoidal (m):	2888.515	Precisión Horizontal	0,002	Equipo utilizado:	TRIMBLE R3
CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO:			FOTOGRAFÍA PANORÁMICA:		
					
DESCRIPCIÓN: El punto se encuentra ubicado al lado este del parqueadero de visitas, además se lo localiza al ingresar al conjunto habitacional a mano derecha en el primer parqueadero					
MATERIALIZACIÓN DEL PUNTO: Se materializo al punto con placas de aluminio de 13 cm * 13 cm					

Anexo 2. Monografía del punto GCP-02.

MONOGRAFÍA DE PUNTO DE APOYO FOTOGRAMÉTRICO (GCP: GROUND CONTROL POINT)					
					
INFORMACIÓN DEL PUNTO:					
Proyecto:	Nominativo del punto:	Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Sector:
TesisTello	GCP-02	Pichincha	Quito	Quito	San Francisco
CONTROL HORIZONTAL					
Coordenadas Geográficas:		Coordenadas UTM:		Precisión vertical:	ITRF 2008
Latitud (° ' "):	-0.235727736	Este (m):	779909,5388	Datum Horizontal:	0,003
Longitud (° ' "):	-78.48531564	Norte (m):	779909,5388	Fecha de determinación:	13/08/2017
Altura elipsoidal (m):	-78.48531564	Precisión Horizontal:	0,002	Equipo utilizado:	TRIMBLE R3
CONTROL VERTICAL					
Método de nivelación:	Modelo Geoidal	Mareógrafo:	-----	Fecha de determinación:	13/08/2017
	EGM2008				
CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO:			FOTOGRAFÍA PANORÁMICA:		
					
DESCRIPCIÓN: El punto se encuentra en el linderamiento este del conjunto habitacional aproximadamente a 100 metros de la esquina del basurero.					
MATERIALIZACIÓN DEL PUNTO: Se materializo al punto con placas de aluminio de 13 cm * 13 cm					

Anexo 3. Monografía del punto GCP-03

MONOGRAFÍA DE PUNTO DE APOYO FOTOGRAMÉTRICO (GCP: GROUND CONTROL POINT)					
					
INFORMACIÓN DEL PUNTO:					
Proyecto:	Nominativo del punto:	Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Sector:
TesisTello	GCP-03	Pichincha	Quito	Quito	San Francisco
CONTROL HORIZONTAL					
Coordenadas Geográficas:		Coordenadas UTM:		Precisión vertical:	0,004
Latitud (° ' "):	-0.236424608	Este (m):	779783,981	Época de referencia:	ITRF 2008
Longitud (° ' "):	-78.48644279	Norte (m):	9973842,64	Fecha de determinación:	13/08/2017
Altura elipsoidal (m):	2888.8445	Precisión horizontal:	0,002	Equipo utilizado:	TRIMBLE R3
CONTROL VERTICAL					
Método de nivelación:	Modelo Geoidal EGM2008	Mareógrafo:	-----	Fecha de determinación:	13/08/2017
CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO:			FOTOGRAFÍA PANORÁMICA:		
					
DESCRIPCIÓN: El punto se encuentra ubicado sobre la vereda, junto a un poste de luz aproximadamente a 70 metros del linderamiento oeste del conjunto habitacional.					
MATERIALIZACIÓN DEL PUNTO: Se materializó al punto con placas de aluminio de 13 cm * 13 cm					

Anexo 4. Monografía del punto GCP-04

MONOGRAFÍA DE PUNTO DE APOYO FOTOGRAMÉTRICO					
(GCP: GROUND CONTROL POINT)					
INFORMACIÓN DEL PUNTO:					
Proyecto:	Nominativo del punto:	Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Sector:
TesisTello	GCP-04	Pichincha	Quito	Quito	San Francisco
CONTROL HORIZONTAL					
Coordenadas Geográficas:		Coordenadas UTM:		Precisión vertical:	0.007
Latitud (° ' "):	-0.236585602	Este (m):	779729,8156	Época de referencia:	ITRF 2008
Longitud (° ' "):	-78.48692906	Norte (m):	9973824,838	Fecha de determinación:	13/08/2017
Altura elipsoidal (m):	2891.4185	Precisión horizontal:	0.017	Equipo utilizado:	TRIMBLE R3
CONTROL VERTICAL					
Método de nivelación:	Modelo Geoidal EGM2008	Mareógrafo:	-----	Fecha de determinación:	13/08/2017
CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO:			FOTOGRAFÍA PANORÁMICA:		
					
<p>DESCRIPCIÓN: El punto se encuentra sobre una plataforma de cemento junto al lidenramiento oeste del conjunto habitacional, colinda con el lideramiento a la Av. Simon Bolivar</p>					
<p>MATERIALIZACIÓN DEL PUNTO: Se materializo al punto con placas de aluminio de 13 cm * 13 cm</p>					

Anexo 5. Monografía del punto GCP-05

MONOGRAFÍA DE PUNTO DE APOYO FOTOGRAMÉTRICO					
(GCP: GROUND CONTROL POINT)					
					
INFORMACIÓN DEL PUNTO:					
Proyecto:	Nominativo del punto:	Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Sector:
TesisTello	GCP-05	Pichincha	Quito	Quito	San Francisco
CONTROL HORIZONTAL					
Coordenadas Geográficas:		Coordenadas UTM:		Precisión Vertical:	0.003
Latitud (° ' "):	-0.234670783	Este (m):	779816,7479	Época de referencia:	ITRF 2008
Longitud (° ' "):	-78.48614892	Norte (m):	9974036,672	Fecha de determinación:	13/08/2017
Altura elipsoidal (m):	2883.9591	Precisión Horizontal:	0.002	Equipo utilizado:	TRIMBLE R3
CONTROL VERTICAL					
Elevación (m):		Datum vertical:	----	Línea de nivelación:	'-----
Método de nivelación:	Modelo Geoidal EGM2008	Mareógrafo:	----	Fecha de determinación:	13/08/2017
CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO:			FOTOGRAFÍA PANORÁMICA:		
					
DESCRIPCIÓN: El punto se encuentra junto al linderamiento este del conjunto habitacional, en la parte norte del punto se encuentra un área recreativa y se monumeto al punto en la letra M del estacionamiento.					
MATERIALIZACIÓN DEL PUNTO: Se materializo al punto con placas de aluminio de 13 cm * 13 cm					

Anexo 6. Monografía del punto GCP-06.

MONOGRAFÍA DE PUNTO DE APOYO FOTOGRAMÉTRICO (GCP: GROUND CONTROL POINT)					
					
INFORMACIÓN DEL PUNTO:					
Proyecto:	Nominativo del punto:	Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Sector:
TesisTello	GCP-06	Pichincha	Quito	Quito	San Francisco
CONTROL HORIZONTAL					
Coordenadas Geográficas:		Coordenadas UTM:		Precisión Vertical:	0,093
Latitud (° ' "):	-0.235954269	Este (m):	779721,8132	Época de referencia:	ITRF 2008
Longitud (° ' "):	-78.48700102	Norte (m):	9973894,688	Fecha de determinación:	13/08/2017
Altura elipsoidal (m):	2889.1446	Precisión Horizontal:	0,372	Equipo utilizado:	TRIMBLE R3
CONTROL VERTICAL					
Método de nivelación:	Modelo Geoidal EGM2008	Mareógrafo:	-----	Fecha de determinación:	13/08/2017
CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO:			FOTOGRAFÍA PANORÁMICA:		
					
DESCRIPCIÓN: El punto se encuentra ubicado en la parte plana entre dos conjuntos de escaleras, se encuentra a 200 metros al norte del punto 4.					
MATERIALIZACIÓN DEL PUNTO: Se materializo al punto con placas de aluminio de 13 cm * 13 cm					

Anexo 7. Monografía del punto GCP-07.

<p align="center">MONOGRAFÍA DE PUNTO DE APOYO FOTOGRAMÉTRICO (GCP: GROUND CONTROL POINT)</p>					
					
INFORMACIÓN DEL PUNTO:					
Proyecto:	Nominativo del punto:	Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Sector:
TesisTello	GCP-07	Pichincha	Quito	Quito	San Francisco
CONTROL HORIZONTAL					
Coordenadas Geográficas:		Coordenadas UTM:		Precisión Vertical:	0.004
Latitud (° ' ") :	-0.234759852	Este (m):	779726,3518	Época de referencia:	ITRF 2008
Longitud (° ' ") :	-78.48696049	Norte (m):	9974026,834	Fecha de determinación:	13/08/2017
Altura elipsoidal (m):	2890.2676	Precisión Horizontal:	0.002	Equipo utilizado:	TRIMBLE R
CONTROL VERTICAL					
Método de nivelación:	Modelo Geoidal EGM2008	Mareógrafo:	-----	Fecha de determinación:	13/08/2017
CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO:			FOTOGRAFÍA PANORÁMICA:		
					
<p>DESCRIPCIÓN: El punto se encuentra al oeste de la cancha de basketball, sobre la vereda sur del estacionamiento junto al linderamiento oeste.</p>					
<p>MATERIALIZACIÓN DEL PUNTO: Se materializo al punto con placas de aluminio de 13 cm * 13 cm</p>					

Anexo 8. Monografía del punto GCP-08

MONOGRAFÍA DE PUNTO DE APOYO FOTOGRAMÉTRICO					
(GCP: GROUND CONTROL POINT)					
					
INFORMACIÓN DEL PUNTO:					
Proyecto:	Nominativo del punto:	Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Sector:
TesisTello	GCP-08	Pichincha	Quito	Quito	San Francisco
CONTROL HORIZONTAL					
Coordenadas Geográficas:		Coordenadas UTM:		Precisión Vertical:	0.004
Latitud (° ' ") :	-0.236003155	Este (m):	779775,6912	Época de referencia:	ITRF 2008
Longitud (° ' ") :	-78.48651729	Norte (m):	9973889,27	Fecha de determinación:	13/08/2017
Altura elipsoidal (m):	2885.2079	Precisión Horizontal:	0.002	Equipo utilizado:	TRIMBLE R3
CONTROL VERTICAL					
Método de nivelación:	Modelo Geoidal EGM2008	Mareógrafo:	-----	Fecha de determinación:	13/08/2017
CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO:			FOTOGRAFÍA PANORÁMICA:		
					
DESCRIPCIÓN: El punto 8 se encuentra en quinto puesto del estacionamiento central, además está 70 metros al norte del punto 3.					
MATERIALIZACIÓN DEL PUNTO: Se materializo al punto con placas de aluminio de 13 cm * 13 cm					

Anexo 9. Monografía del punto GCP-09

MONOGRAFÍA DE PUNTO DE APOYO FOTOGRAMÉTRICO
(GCP: GROUND CONTROL POINT)

**INFORMACIÓN DEL PUNTO:**

Proyecto:	Nominativo del punto:	Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Sector:
TesisTello	GCP-09	Pichincha	Quito	Quito	San Francisco

CONTROL HORIZONTAL

Coordenadas Geográficas:	Coordenadas UTM:	Precisión Vertical:	0.006
Latitud (° ' "):	-0.235475252	Este (m):	779781,7334
Longitud (° ' "):	-78.48646314	Norte (m):	9973947,674
Altura elipsoidal (m):	2884.2318	Precisión Horizontal:	0.003
		Equipo utilizado:	TRIMBLE R3

CONTROL VERTICAL

Método de nivelación:	Modelo Geoidal EGM2008	Mareógrafo:	-----	Fecha de determinación:	13/08/2017
-----------------------	------------------------	-------------	-------	-------------------------	------------

CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO:**FOTOGRAFÍA PANORÁMICA:**

DESCRIPCIÓN: El punto 9 se encuentra en el parqueadero central, al lado oeste del basurero, al sur del parqueadero 103.

MATERIALIZACIÓN DEL PUNTO: Se materializo al punto con placas de aluminio de 13 cm * 13 cm

Anexo 10. Monografía del punto GCP-Base

MONOGRAFÍA DE PUNTO DE APOYO FOTOGRAMÉTRICO (GCP: GROUND CONTROL POINT)



INFORMACIÓN DEL PUNTO:

Proyecto:	Nominativo del punto:	Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Sector:
TesisTello	GCP-Base	Pichincha	Quito	Quito	San Francisco

CONTROL HORIZONTAL

Coordenadas Geográficas:		Coordenadas UTM:		Precisión Vertical:	0.019
Latitud (° ' "):	-0.2356615	Este (m):	779827,0369	Época de referencia:	ITRF 2008
Longitud (° ' "):	-78.48605635	Norte (m):	9973927,06	Fecha de determinación:	13/08/2017
Altura elipsoidal (m):	2884.9943	Precisión Horizontal:	0.006	Equipo utilizado:	TRIMBLE R3

CONTROL VERTICAL

Método de nivelación:	Modelo Geoidal	Mareógrafo:	-----	Fecha de determinación:	13/08/2017
	EGM2008				

CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO:



FOTOGRAFÍA PANORÁMICA:



DESCRIPCIÓN: El punto se encuentra al lado oeste del basurero, está ubicado en el parqueadero central al norte de un reductor de velocidad.

MATERIALIZACIÓN DEL PUNTO: Se materializo al punto con placas de aluminio de 13 cm * 13 cm

Anexo 11. Tabla resumen de base de datos de cartografía catastral 2D.

<i>ID</i>	<i>Clave predial</i>	<i>Nombre propietario</i>	<i>Teléfono</i>
1	2040503008001001B0102D01	Rojas Angel	2320106
2	2040503008001002B0102D01	Rojas Esther	2320107
3	2040503008001003B0102D01	Corella Ana	2322536
4	2040503008011004B0102D01	Villacis Angel	2607709
5	2040503008011005B0102D01	Ayala Leonardo	2320163
6	2040503008011006B0102D01	Caceres Carlos	2320103
7	2040503008011007B0102D01	Villacis Carlos	2320162
8	2040503008011008B0102D01	Guañuna Ochoa Tatiana	2320100
9	2040503008011009B0102D01	Bonilla Calle Edmundo	2320117
10	2040503008011010B0102D01	Manuel Parra	2320121
11	2040503008011011B0102D01	Herrera Vicente	2320156
12	2040503008011012B0102D01	Marcelo Lujé	3321492
13	2040503008011013B0102D01	Duque Margarita	2602270
14	2040503008011014B0102D01	Males Maria Ines	2320112
15	2040503008011015B0102D01	Naranjo Paul	2320471
16	2040503008011016B0102D01	Bastidas Matilde	2952345
17	2040503008011017B0102D01	Jativa Jose Miguel	2320108
18	2040503008011018B0102D01	Davila Fausto	2320113
19	2040503008016019B0102D01	Rivadeneira Galo	2322686
20	2040503008016020B0103D01	Doris Zurita	
21	2040503008016021B0102D01	Barrigas Celio	2320150
22	2040503008016022B0102D01	Bazantes Vilma	2522924
23	2040503008016023B0102D01	Santillan Mario	2320104
24	2040503008016024B0102D01	Jaramillo Cristian	2320114
25	2040503008016025B0102D01	Mora Tanya	2320110
26	2040503008016026B0102D01	Andrade Ramiro	2320144
27	2040503008016027B0102D01	Adriana Choez	2320148
28	2040503008016028B0102D01	Chico Plutarco	2323479
29	2040503008016029B0102D01	Chico Plutarco	2320141
30	2040503008016030B0102D01	Correa Freddy	2320139
31	2040503008016031B0102D01	Guillén Romero Samantha	2603994

Continua →

32	2040503008016032B0102D01	Aguirre Washington	2320137
33	2040503008016033B0102D01	Cadena Martha	2320140
34	2040503008016034B0102D01	Pazmiño Byron	2320138
35	2040503008016035B0102D01	Julio Pallo	2604467
36	2040503008013036B0102D01	Salas Hernán	2320116
37	2040503008013037B0102D01	Espinosa Maria Teresa	2320146
38	2040503008013038B0102D01	Arce Cristina	2609993
39	2040503008013039B0102D01	Jarrin Geovana	2320142
40	2040503008013040B0102D01	Jimena Bustillos	2322976
41	2040503008013041B0102D01	Vega Andrea	2320145
42	2040503008013042B0102D01	Villa Geovanny	2604071
43	2040503008013043B0102D01	Parra Klever	2322627
44	2040503008013044B0102D01	Morejon Milton	2320143
45	2040503008013045B0102D01	Arce Guillermo	2320120
46	2040503008013046B0102D01	Baldeon Diego	2323433
47	2040503008013047B0102D01	Baldeon Espin Sandra	2322641
48	2040503008013048B0102D01	Romero Patiño Carmen	3180001
49	2040503008013049B0102D01	Sánchez J. Carlos	2320151/3150936/087004113
50	2040503008013050B0102D01	Zapata Jose	2609315
51	2040503008013051B0102D01	Acevedo Coba Denise	2320129
52	2040503008013052B0102D01	Barragan Lilian	2320132
53	2040503008013053B0102D01	Paredes Galo	2320133
54	2040503008013054B0102D01	Méndez Juan Gabriel	2320128
55	2040503008013055B0102D01	García Sandra	2320048
56	2040503008013056B0102D01	Valencia Alejandro	2320161
57	2040503008013057B0102D01	Anibal Borja	2320893
58	2040503008013058B0102D01	Bautista Elvia	2320136
59	2040503008013059B0102D01	Diaz Henry	2400297
60	2040503008010060B0102D01	Zambrano Teresa	2320125
61	2040503008010061B0102D01	Romero Hector	2320123
62	2040503008010062B0102D01	Montalvo Arturo	2320159
63	2040503008010063B0102D01	Olmedo Willam	2320135
64	2040503008010064B0102D01	Lomas Eduardo	2320124

Continua →

65	2040503008010065B0102D01	Jiménez Galo	2320122
66	2040503008010066B0102D01	Bertha Hurtado	2322662
67	2040503008011067B0102D01	Francisca Guano	2320134
68	2040503008011068B0102D01	Echeverria Norma	2667747
69	2040503008011069B0102D01	Manosalvas Samy	2320126
70	2040503008010070B0102D01	Abril Hilda	2320127
71	2040503008010071B0102D01	Davalos Juan Carlos	2320115
72	2040503008010072B0102D01	Chacón Mónica Del Roció	2322943
73	2040503008010073B0102D01	Vaca Alex	2320101
74	2040503008010074B0102D01	Verdesoto L. Carmen	2320109
75	2040503008010075B0102D01	Loaiza Marcos	2320102
76	2040503008011076B0102D01	Torres Maria	2321386
77	2040503008011077B0102D01	Chica Luis	2323409
78	2040503008003078B0102D01	Bastidas Washington	2320038
79	2040503008003079B0102D01	Aguirre Patricia Geoconda	2606603
80	2040503008003080B0102D01	Minaya Miriam	
81	2040503008003081B0102D01	Torres T. Jaime	2320044
82	2040503008003082B0102D01	Guevara Enriqueta Felicidad	2320040
83	2040503008003083B0102D01	Valenzuela Fernando	2320041
84	2040503008003084B0102D01	Reascos Arturo	2320042
85	2040503008003085B0102D01	Pazos Raul	2608558
86	2040503008003086B0102D01	Freire Eduardo	2322642
87	2040503008003087B0102D01	Hernández Santiago	2322661
88	2040503008003088B0102D01	Herrera Mercedes	2512152
89	2040503008003089B0102D01	Gallardo Fernando	2609665
90	2040503008003090B0102D01	Yadira Romero	2677511
91	2040503008003091B0102D01	Sandoval Carlos	
92	2040503008003092B0102D01	Vayas Roberto	2603300
93	2040503008003093B0102D01	Guadalupe Ma.Rene	2324070
94	2040503008003094B0102D01	Armijos Hilda	2324056
95	2040503008003095B0102D01	Boada Walter	
96	2040503008003096B0102D01	Velasco Geovana	2322315
97	2040503008003097B0102D01	Diaz Michay Jose	3180006

Continua →

98	2040503008003098B0102D01	Frias Alba	2602925
99	2040503008003099B0102D01	Cabezas Santiago	2322651
100	2040503008003100B0102D01	Victor Guayasamin	2603970
101	2040503008003101B0102D01	Zarate Lourdes	2322639
102	2040503008003102B0102D01	Corella Jazmin	
103	2040503008003103B0102D01	Delgado Indira	2604221
104	2040503008003104B0102D01	Bayas Eduardo	2600023
105	2040503008003105B0102D01	Cueva Rosario	2603882
106	2040503008003106B0102D01	Escobar Patricio	2608921
107	2040503008003107B0102D01	Arroyo Castro Alfredo	2602215
108	2040503008003108B0102D01	Llangari Telmo	2607046
109	2040503008003109B0102D01	Corella Vicente	2603999
110	2040503008003110B0102D01	Yáñez Fredy	2604174
111	2040503008003111B0102D01	Maya Norma	2322829
112	2040503008003112B0102D01	Macas Alexandra	2605094
113	2040503008001113B0102D01	Naranjo Victor H.	2320000
114	2040503008001114B0102D01	Castillo María	2604556
115	2040503008001115B0102D01	Endara Portilla José	2322445
116	2040503008001116B0102D01	Angulo Laura	2323784
117	2040503008001117B0102D01	Salcedo Pilar	
118	2040503008001118B0102D01	Villa Morayma	2606306
119	2040503008001119B0102D01	Verónica Garzón	2323584
120	2040503008015120B0102D01	Moncayo Marco	2322755
121	2040503008015121B0102D01	Guiarci Pérez Jorge W.	2320085
122	2040503008015122B0103D01	Chango Toapanta Manuel	2324028
123	2040503008015123B0103D01	Oña María Belén	
124	2040503008015124B0103D01	Sindes Ecuador	2323774
125	2040503008015125B0103D01	Villagomez Rosa	2323415
126	2040503008015126B0103D01	Uvillus Marlon	2324015
127	2040503008015127B0103D01	Guaño Vargas Silvia	2324010
128	2040503008015128B0103D01	Villagomez Beatriz	2324037
129	2040503008015129B0103D01	Tanguila Susana	2323656
130	2040503008015130B0103D01	Cando Eduardo	2355837

Continua →

131	2040503008015131B0103D01	Encalada Rubén	2323557
132	2040503008015132B0103D01	Naranjo Andrés	2324004
133	2040503008015133B0103D01	Jara Vicky	2608599
134	2040503008015134B0103D01	Vicente Hidalgo	2604560
135	2040503008015135B0103D01	Bazantes Vilma	2603411
136	2040503008015136B0103D01	Ríos Ma. Del Pilar	2324147
137	2040503008015137B0103D01	Villalva Fernando	2417102
138	2040503008015138B0103D01	Polo Galo	2607644
139	2040503008015139B0103D01	Molina Villacis Anabel	2324001
140	2040503008015140B0103D01	Calahorrano Milton	2324020
141	2040503008015141B0103D01	Jose Luis Villagomez	2324035
142	2040503008015142B0102D01	Palacios Orlando	2324330
143	2040503008012143B0102D01	Abad Joffre	2324029
144	2040503008012144B0103D01	Villacis Cecilia	2607921
145	2040503008012145B0103D01	Jaramillo Patricio	2324002
146	2040503008012146B0103D01	Rodríguez Romel	2324026
147	2040503008012147B0103D01	Moreta Josue	2320039
148	2040503008012148B0103D01	Mutualista Benalcázar En Liquidación	2607164
149	2040503008012149B0103D01	Martínez Violeta	2324006
150	2040503008012150B0103D01	Tobar Genoveva	2321330
151	2040503008012151B0103D01	Sánchez Sonia	2324021
152	2040503008012152B0103D01	Guerra Jorge	2324036
153	2040503008012153B0103D01	Lazcano Carlos	2320660
154	2040503008012154B0103D01	Iza Lisbeth	2324003
155	2040503008012155B0103D01	Villacis Carlos	2607709
156	2040503008012156B0103D01	Zúñiga Gladys	
157	2040503008012157B0103D01	Patiño Mónica	2324019
158	2040503008012158B0103D01	Proaño Irene	2324014
159	2040503008012159B0103D01	Sánchez Mauricio	2602190
160	2040503008012160B0102D01	Sánchez Marlene	2324002
161	2040503008009161B0102D01	Bertha Hurtado	2322663
162	2040503008009162B0103D01	Berrones Danny	2324030

Continúa →

163	2040503008009163B0103D01	Arízaga Armijos Miguel	2324031
164	2040503008009164B0103D01	Sigcha Cesar	2324016
165	2040503008009165B0103D01	Contreras Jorge	2324032
166	2040503008009166B0103D01	Rojas Wilson	2324034
167	2040503008009167B0103D01	Rojas Wilson	2324034
168	2040503008009168B0103D01	Ripalda Elvis	2324023
169	2040503008009169B0103D01	Vaca M. Fredy	
170	2040503008009170B0103D01	Lara Franklin	2320033
171	2040503008009171B0103D01	Regalado Victor H.	2320031
172	2040503008009172B0103D01	Bayas Bolivar	2320030
173	2040503008009173B0103D01	Osorio Christian	2609747
174	2040503008009174B0103D01	Ramírez Raul	2320032
175	2040503008009175B0103D01	Mantilla Jorge	2320046
176	2040503008009176B0103D01	López Nadia	2606280
177	2040503008009177B0103D01	López Raul	2320045
178	2040503008009178B0103D01	Diaz Gladys	2320043
179	2040503008004179B0102D01	Guerrón Lilian	2322437
180	2040503008004180B0103D01	Rubio Oscar	2321407
181	2040503008004181B0103D01	Mosquera Susana	2322782
182	2040503008004182B0103D01	Perez Jenny	2322801
183	2040503008004183B0103D01	Jara José	2324092
184	2040503008004184B0103D01	Cedillo Olga	2322658
185	2040503008004185B0103D01	Villacreses Adriana	2322611
186	2040503008004186B0103D01	Erazo Ivan	2322628
187	2040503008004187B0103D01	Ramírez Magner	2604395
188	2040503008004188B0103D01	Asquel Victor Hugo	2322503
189	2040503008004189B0103D01	Ramos Nelly	2603895
190	2040503008004190B0103D01	Benavides Martha	2609541
191	2040503008004191B0103D01	Noguera Magdalena	2603246
192	2040503008004192B0103D01	Pontón Henry	2622916
193	2040503008004193B0103D01	Guevara Pérez Erika Patricia	2322640
194	2040503008004194B0102D01	Ayala Roció	2322655
195	2040503008004195B0102D01	Cifuentes Jorge	2605027

Continúa →

196	2040503008004196B0103D01	Portilla Alfonso	2322668
197	2040503008004197B0103D01	Trujillo Geovanny	2322521
198	2040503008004198B0103D01	Ortega Lourdes	2607416
199	2040503008004199B0103D01	Gilma Ortiz	2322784
200	2040503008004200B0103D01	Rolando Vásquez	2600033
201	2040503008004201B0103D01	Inca Priscila	2322652
202	2040503008004202B0103D01	Ramírez Avalos Patricia	2608764
203	2040503008004203B0103D01	Arias Trujillo Diego	2322648
204	2040503008004204B0103D01	Heredia Cesar	2764413
205	2040503008004205B0103D01	Merino Rubén	2322613
206	2040503008004206B0103D01	Moreno Margoth	2323459
207	2040503008004207B0103D01	Pérez Lander	2606898
208	2040503008004208B0103D01	Diego Cofre	2322649
209	2040503008004209B0103D01	Rodríguez Maritza	
210	2040503008004210B0102D01	Cabrera Aida	2603867
211	2040503008008211B0102D01	Cifuentes Juan	2322654
212	2040503008008212B0103D01	Barahona Victor	2322783
213	2040503008008213B0103D01	Mosquera Karen	2323497
214	2040503008008214B0103D01	Gallardo Marcelo	2322681
215	2040503008008215B0103D01	Cuichan Jorge	2601867
216	2040503008008216B0103D01	Zambrano Consuelo	2322819
217	2040503008008217B0103D01	Falcon Diego	2611031
218	2040503008008218B0102D01	Burbano Henry	2322669
219	2040503008008219B0102D01	Vásquez Borja David	2322800
220	2040503008008220B0103D01	Freile Juan	3281267
221	2040503008008221B0103D01	Yáñez Juan Carlos	2697916
222	2040503008008222B0103D01	Rubio Esteban	2320531
223	2040503008008223B0103D01	Ortega Franklin	2322665
224	2040503008008224B0103D01	Margarita Guanoluisa	2291186
225	2040503008008225B0103D01	Guerrero Luz	2322650
226	2040503008008226B0103D01	Rocha Alexandra	2232667
227	2040503008004227B0102D01	Arroba Lara Mercedes	2603232
228	2040503008004228B0103D01	Romero David	2321295

Continua →

229	2040503008004229B0103D01	Urgiles Aida	2064150
230	2040503008004230B0103D01	Sigcha Eloisa	2603897
231	2040503008004231B0103D01	Flores Mariana	2289659
232	2040503008004232B0103D01	Narváez Catalina	2603883
233	2040503008004233B0103D01	Pozo Franklin	2604295
234	2040503008004234B0103D01	Villacis Jorge	2603890
235	2040503008004235B0103D01	Villacres Inés	2410980
236	2040503008004236B0103D01	Herrería Nelson	2323452
237	2040503008004237B0103D01	Bombon Beatriz	2605180
238	2040503008004238B0103D01	Beltrán Soraya	2604228
239	2040503008004239B0103D01	Valenzuela Isabel	2232829
240	2040503008004240B0103D01	Nelly Calle Rubio	2603941
241	2040503008004241B0103D01	Roberto Moreno	2604228
242	2040503008004242B0102D01	Castillo Ayala Cristian Y Viviana	2603931
243	2040503008004243B0102D01	Carlos Rodrigo Alarcón	2604152
244	2040503008004244B0103D01	Cisneros Arturo	2609315
245	2040503008004245B0103D01	Suasnavas Fernando	2605101
246	2040503008004246B0103D01	Guaña Pachacama Elizabeth	2627175
247	2040503008004247B0103D01	Morales Ligia	2603927
248	2040503008004248B0103D01	Román Daniel	2603850
249	2040503008004249B0103D01	Grefa Martha	2604016
250	2040503008004250B0103D01	Toaquiza Maria	2321670
251	2040503008004251B0103D01	Torres Catya	2606018
252	2040503008004252B0103D01	Tapia Milton	2603951
253	2040503008004253B0103D01	Tapia Milton	2602511
254	2040503008004254B0103D01	Osejos Jorge	2068194
255	2040503008004255B0103D01	Diaz Jonathan	2373427
256	2040503008004256B0103D01	Palacios Priscila	2609312
257	2040503008004257B0103D01	Salinas Laura	2603759
258	2040503008004258B0102D01	Vaca Andrea	2603998
259	2040503008005259B0102D01	Vaca Martínez María	2604163
260	2040503008005260B0103D01	Simbaña Helmer	2322645

Continua →

261	2040503008005261B0103D01	Paredes Wilson	2321329
262	2040503008005262B0103D01	Altamirano Alexandra	2600625
263	2040503008005263B0103D01	Naranjo Cristhian	2321329
264	2040503008005264B0103D01	Benavides Enrique	2604774
265	2040503008005265B0103D01	Jordan Barberán	2600992
266	2040503008005266B0103D01	García Renato	2605536
267	2040503008005267B0103D01	Quispe Iván	2600392
268	2040503008005268B0103D01	Diego Zambrano	2604539
269	2040503008005269B0103D01	Vinueza Fernando	2606439
270	2040503008005270B0103D01	Velasco Piedad	2603817
271	2040503008005271B0103D01	Granda Efrain	2604167
272	2040503008005272B0103D01	Baroja Patricio	2605155
273	2040503008005273B0103D01	Porras Miryam	2602003
274	2040503008005274B0103D01	Orquera Luis	2603974
275	2040503008005275B0103D01	Salgado Edison	2604166
276	2040503008005276B0102D01	Negrete Rodrigo	2323266
277	2040503008005277B0102D01	Riera Juan	2604297
278	2040503008005278B0103D01	Naranjo Katya	2604882
279	2040503008005279B0103D01	Escobar Pabón Clemencia	
280	2040503008005280B0103D01	Guadalupe Sonia	2601701
281	2040503008005281B0103D01	Diaz Bonifaz Rodrigo	2320007
282	2040503008005282B0103D01	Cueva Franklin	2606518
283	2040503008005283B0103D01	Cañadas Miriam	2605209
284	2040503008005284B0103D01	Sinchiguano Luis	2605899/099831173
285	2040503008005285B0103D01	Cadena Carlos	2605194
286	2040503008005286B0103D01	Dávila Victor Hugo	
287	2040503008005287B0103D01	Pabón Lucrecia	2603888
288	2040503008005288B0103D01	Sangoquiza Marcelo	2320947
289	2040503008005289B0103D01	Mean Oswaldo	2605059
290	2040503008005290B0103D01	Guerrón Romulo	2604876
291	2040503008005291B0103D01	Minaya Yolanda	
292	2040503008005292B0103D01	Terán Marlene	2604267
293	2040503008005293B0103D01	Corella Yesenia	2604875

Continua →

294	2040503008005294B0102D01	Borja Soraya	2604196
295	2040503008006295B0102D01	Nuñez N. Carmen	2322746
296	2040503008006296B0103D01	Barba Mercedes	2606204
297	2040503008006297B0103D01	Calderon Gonzalo	
298	2040503008006298B0103D01	Mosquera Cecilia	2600352
299	2040503008006299B0103D01	Quinche Ritha	2322440
300	2040503008006300B0103D01	López Camilo	2602705
301	2040503008006301B0103D01	Cali Patricia	
302	2040503008006302B0103D01	López Henry	2602122
303	2040503008006303B0103D01	Armijos Myriam	
304	2040503008006304B0103D01	Yáñez Milton	
305	2040503008006305B0103D01	Villacís Carlos	2606276
306	2040503008006306B0103D01	Gómez Blanca	2541067
307	2040503008006307B0103D01	Mora Luis	2320211
308	2040503008006308B0103D01	Mora Luis	2606594
309	2040503008006309B0103D01	Marco Mejía	2604761
310	2040503008006310B0103D01	Sasnalema Bernardo	2605487
311	2040503008006311B0103D01	Becerra Yolanda	2600592
312	2040503008006312B0103D01	Arguello Hugo	94778148
313	2040503008006313B0103D01	Escobar Marco A.	2322753
314	2040503008006314B0102D01	Pinto Gutierrez Tatiana	2600651
315	2040503008006315B0102D01	Paez Alvaro	2322757
316	2040503008006316B0103D01	Flores R. Hernan	2322442
317	2040503008006317B0103D01	Mullo Rodrigo	2322443
318	2040503008006318B0103D01	Pilar Romero	
319	2040503008006319B0103D01	Prado Mercy	2067177
320	2040503008006320B0103D01	Iza Guerrero Fabiola	2606288
321	2040503008006321B0103D01	Reinoso Gloria	
322	2040503008006322B0103D01	Iza Guerrero Fabiola	2605923
323	2040503008006323B0103D01	Pozo Elizabeth	2322756
324	2040503008006324B0103D01	Cifuentes Jara Pedro Claver	2600402
325	2040503008006325B0103D01	Velasco Luis	2303392
326	2040503008002326B0102D01	Vaca P. Stalin	2600361

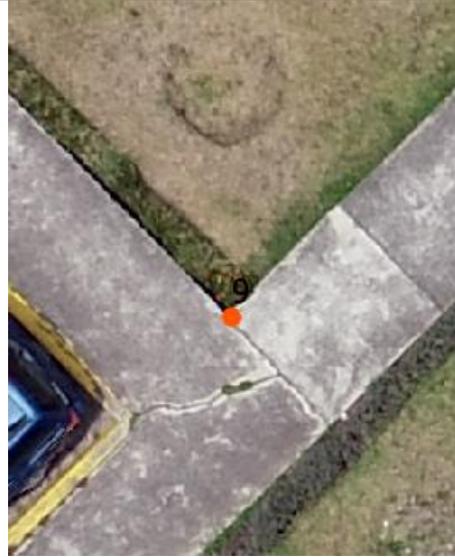
Continua →

327	2040503008002327B0103D01	Salazar Paulina	099901087/2603232
328	2040503008002328B0103D01	Vizuite Edison	
329	2040503008002329B0103D01	Andrade Jorge	2605671
330	2040503008002330B0103D01	Delgado Maria Alexandra	2608103
331	2040503008002331B0103D01	Miño Elizabeth	2324002
332	2040503008002332B0103D01	Guadalupe Ramon	2601701
333	2040503008002333B0102D01	Yépez Susana	2604049
337	2040503008016337B0101O01	Rosa Villagómez	
338	2040503008017338B0101L01	Barahona Ana	
339	2040503008002339B0101A01	Portón De Cadiz	

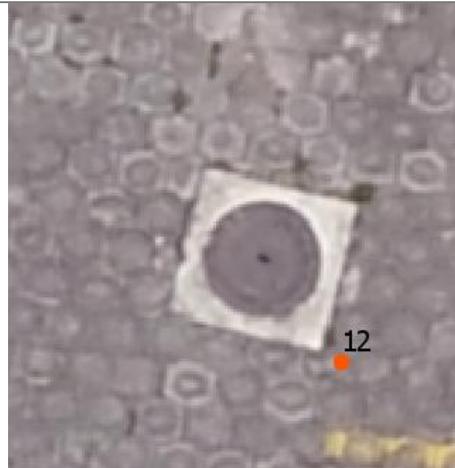
Anexo 12. Puntos de validación horizontal

ID	Validación campo	Validación ortofoto
1		
2		

3



4



5



6



7



8



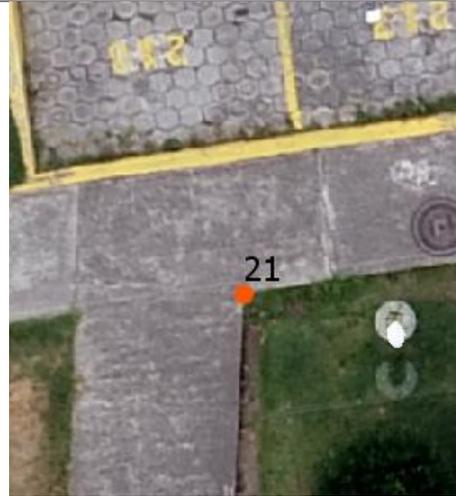
9



10



11



12



13



14



15



16



17



18



19



20



21



22



23



24



25



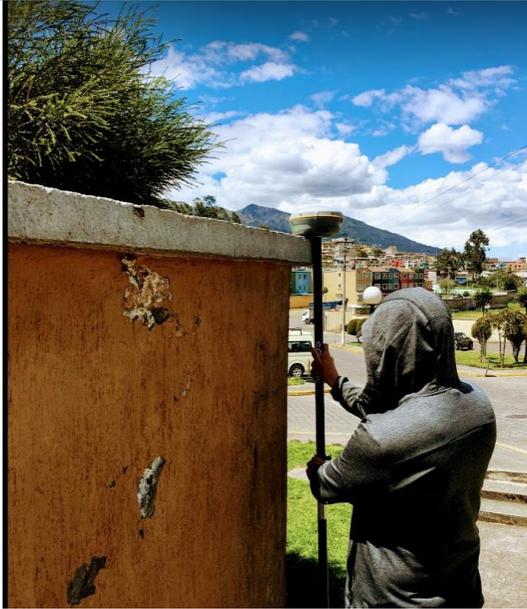
26



Anexo 13. Puntos de validación vertical.

ID	Validación campo	Validación modelo tridimensional
1	 A photograph showing a person standing next to a yellow building facade. A vertical black pipe or antenna is mounted on the wall. The person is holding a device, likely a GNSS receiver, near the top of the pipe. The sky is blue with some clouds.	 A 3D model of the yellow building facade. A small yellow dot is placed on the wall, corresponding to the vertical point shown in the field photo. The model shows the building's structure, including windows and a door.
2	 A photograph showing a person standing on a concrete structure, possibly a roof or a high wall. The person is holding a GNSS receiver on a vertical pole. The sky is blue with white clouds.	 A 3D model of the concrete structure. A small yellow dot is placed on the top surface of the structure, corresponding to the vertical point shown in the field photo. The model shows the structure's geometry and its position relative to the ground.

3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14



15



16



17



18



19



20



21



22



23



24



25



26



27



28



29



30



31



32



33



34



35



36



Anexo 14. Validación de la precisión horizontal mediante la normativa NSSDA

Validación	Ortofoto	Validación	RTK	Diferencia			
				Diferencia x	y	(1)+(2)	
Norte	Este	Norte	Este				
9 973 828,399	779 730,828	9 973 828,381	779 730,814	-0,018	0,014	0,000	0,001
9 973 845,191	779 773,801	9 973 845,192	779 773,801	0,001	0,000	0,000	0,000
9 973 838,389	779 808,870	9 973 838,315	779 808,890	-0,074	0,020	0,000	0,006
9 973 858,851	779 886,716	9 973 858,784	779 886,719	-0,067	0,003	0,000	0,004
9 973 884,540	779 893,472	9 973 884,534	779 893,514	-0,006	0,042	0,002	0,002
9 973 893,370	779 874,727	9 973 893,355	779 874,769	-0,015	0,042	0,002	0,002
9 973 908,960	779 832,944	9 973 908,936	779 832,959	-0,024	0,015	0,000	0,001
9 973 918,650	779 917,820	9 973 918,579	779 917,890	-0,071	0,070	0,005	0,010
9 973 922,035	779 919,657	9 973 921,972	779 919,745	-0,063	0,088	0,008	0,012
9 973 914,914	779 756,436	9 973 914,901	779 756,443	-0,013	0,007	0,000	0,000
9 973 952,779	779 804,386	9 973 952,766	779 804,448	-0,013	0,062	0,004	0,004
9 973 989,178	779 819,716	9 973 989,184	779 819,762	0,006	0,046	0,002	0,002

Continua →

Anexo 15. Validación de la precisión horizontal mediante la normativa NSSDA

Validación Modelo			Validación RTK			Diferenc	(Diferenc	Diferenc	(Diferenc	Diferencia z	(Diferenc
Tridimensional						ia y	ia y)^2	ia x	ia x)^2		ia z)^2
<i>Norte</i>	<i>Este</i>	<i>Z</i>	<i>Norte</i>	<i>Este</i>	<i>Z</i>	(1)	(2)	(3)			(3)
9973828,2	779730,8	2891,30	9973828,	779730,8	2891,35	0,093	0,009	-0,037	0,001	0,046	0,002
88	51	4	38	14							
9973845,1	779773,8	2888,92	9973845,	779773,8	2888,94	0,023	0,001	-0,039	0,002	0,014	0,000
69	40	9	19	01	3						
9973838,4	779808,8	2889,19	9973838,	779808,8	2889,18	-0,098	0,010	-0,009	0,000	-0,014	0,000
13	99	5	32	9	1						
9973858,7	779886,7	2890,06	9973858,	779886,7	2890,07	-0,012	0,000	0,001	0,000	0,012	0,000
96	18	6	78	19	8						
9973884,5	779893,4	2887,57	9973884,	779893,5	2887,50	-0,031	0,001	0,052	0,003	-0,067	0,005
65	62	0	53	14	3						
9973893,3	779874,7	2886,69	9973893,	779874,7	2886,7	-0,004	0,000	0,008	0,000	0,005	0,000
59	61	5	36	69							

Continua

→

9973908,9	779832,9	2884,07	9973908,	779832,9	2884,07	-0,017	0,000	-0,011	0,000	-0,008	0,000
53	70	9	94	59	1						
9973918,5	779917,8	2884,50	9973918,	779917,8	2884,49	0,010	0,000	0,050	0,002	-0,005	0,000
69	40	3	58	9	8						
9973922,0	779919,6	2884,31	9973921,	779919,7	2884,31	-0,039	0,002	0,058	0,003	-0,006	0,000
11	87	8	97	45	2						
9973938,0	779828,1	2885,95	9973938,	779828,1	2885,94	-0,003	0,000	-0,003	0,000	-0,001	0,000
20	69	0	02	66	9						
9973914,8	779756,4	2885,65	9973914,	779756,4	2885,65	0,014	0,000	-0,005	0,000	0,009	0,000
87	48	0	9	43	9						
9973907,4	779758,9	2889,31	9973907,	779758,9	2889,32	0,021	0,000	-0,007	0,000	0,013	0,000
26	23	3	45	16	6						
9973908,1	779762,4	2889,35	9973908,	779762,6	2889,23	0,116	0,013	0,168	0,028	-0,114	0,013
35	99	1	25	67	7						
9973952,7	779804,4	2883,32	9973952,	779804,4	2883,32	0,011	0,000	-0,007	0,000	0,007	0,000
55	55	1	77	48	8						

Continua

→

9974047,2	779820,7	2884,08	9974047,	779820,7	2884,09	0,021	0,000	0,009	0,000	0,010	0,000
67	32	9	29	41	9						
9974032,9	779808,0	2884,36	9974032,	779808,0	2884,37	0,015	0,000	-0,013	0,000	0,011	0,000
17	50	1	93	37	1						
9974031,7	779780,7	2884,65	9974031,	779780,7	2884,66	0,012	0,000	-0,005	0,000	0,007	0,000
01	53	8	71	48	5						
9974049,5	779774,7	2884,96	9974049,	779774,7	2884,95	0,038	0,001	-0,030	0,001	-0,017	0,000
04	52	7	54	22							
9974023,5	779768,5	2887,99	9974023,	779768,5	2888,07	0,073	0,005	0,012	0,000	0,080	0,006
06	79	5	58	91	5						
9974056,6	779764,0	2885,13	9974056,	779764,0	2885,14	0,021	0,000	-0,016	0,000	0,014	0,000
19	81	5	64	65	9						
9974056,2	779778,1	2885,12	9974056,	779778,0	2885,12	-0,007	0,000	-0,039	0,002	0,002	0,000
63	08	0	26	69	2						
9974082,2	779779,2	2885,11	9974082,	779779,2	2885,12	0,013	0,000	-0,008	0,000	0,008	0,000
36	24	4	25	16	2						

Continua

→

9974082,6	779764,2	2885,14	9974082,	779764,2	2885,14	0,048	0,002	-0,019	0,000	0,004	0,000
27	93	5	68	74	8						
9974048,1	779754,1	2887,09	9974048,	779754,1	2887,1	0,012	0,000	-0,003	0,000	0,007	0,000
25	07	3	14	04							
9974025,9	779751,7	2891,00	9974026,	779751,9	2890,94	0,070	0,005	0,213	0,046	-0,065	0,004
48	70	6	02	83	1						
9974022,1	779751,7	2890,87	9974022,	779751,8	2890,94	-0,062	0,004	0,077	0,006	0,070	0,005
31	59	6	07	36	6						
9974023,8	779727,8	2890,14	9974023,	779727,8	2890,15	0,017	0,000	-0,012	0,000	0,011	0,000
91	67	1	91	55	2						
9974040,4	779723,7	2890,24	9974040,	779723,7	2890,20	-0,038	0,001	0,053	0,003	-0,037	0,001
94	03	5	46	56	8						
9974049,7	779726,1	2888,23	9974049,	779726,1	2888,24	0,016	0,000	-0,006	0,000	0,010	0,000
45	19	7	76	13	7						
9973896,7	779736,0	2889,92	9973896,	779736,0	2889,95	0,044	0,002	-0,028	0,001	0,028	0,001
70	63	6	81	35	4						
9973859,2	779801,9	2889,10	9973859,	779801,9	2889,11	-0,002	0,000	0,009	0,000	0,011	0,000
67	37	4	27	46	5						

Continua

→

9973859,6	779775,9	2889,46	9973859,	779775,9	2889,48	0,057	0,003	0,019	0,000	0,027	0,001
74	77	2	73	96	9						
9973855,9	779776,7	2889,48	9973855,	779776,7	2889,48	0,006	0,000	0,002	0,000	0,003	0,000
38	10	5	94	12	8						
9973874,1	779866,1	2889,75	9973874,	779866,2	2889,80	0,108	0,012	0,096	0,009	0,050	0,002
10	31	9	22	27	9						
9973847,0	779907,2	2895,33	9973847,	779907,2	2895,33	0,011	0,000	-0,009	0,000	0,008	0,000
01	46	1	01	37	9						
9973911,0	779863,1	2888,43	9973911,	779863,1	2888,44	0,021	0,000	-0,001	0,000	0,002	0,000
28	81	9	05	8	1						
						Σ	0,075	Σ	0,109	Σ	0,043
						RMSE_x	0,046	RMSE_y	0,056	RMSE_z	0,034
										Accuracy(z)	0,068
										NSSDA	