

Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACION

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**“GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA BÁSICA PARA CATASTRO URBANO
UTILIZANDO FOTOGRAMETRÍA CON DRON COMPLEMENTADO CON EL
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE
CHAACLACAYO”**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOGRAFO

AUTOR

JEAN CARLOS CALDERON ZUÑIGA

ASESOR

MG. GLADYS ROJAS LEÓN

JURADO

DR. CESAR JORGE ARGUEDAS MADRID

MG. CARMEN LUZ VENTURA BARRERA

MG. BENIGNO PAULO GOMEZ ESCRIBA

MG. WALTER BENJAMIN ZUÑIGA DIAZ

LIMA - PERU

2019

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mis padres, hermanos, familiares.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios, a la SGT-COFOPRI, UNFV-FIGAE, Asesores y de manera muy especial a los Ingenieros. Víctor Fajardo, Gladys Rojas, Manuel Olivera, Víctor Mongrut, amigos y colegas que me apoyaron en esta aventura de la tesis.

INDICE

INDICE	iv
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. Introducción	18
1.1 Descripción y Formulación del Problema	20
1.1.1 Descripción.....	20
1.1.2 Formulación del problema	20
1.2 Antecedentes.....	20
1.2.1 Antecedentes Internacionales	20
1.2.2 Antecedentes Nacionales	23
1.3 Objetivos.....	26
1.3.1 Objetivo General.....	26
1.3.2 Objetivos Específicos.	26
1.4 Justificación.....	26
1.5 Hipótesis.....	26
II. Marco Teórico	27
2.1 Bases Teóricas Sobre el Tema de Investigación	27
2.1.1 Bases teóricas.....	27
2.1.2 Definición de términos	27
2.1.3 Marco Legal.....	59
2.1.4 Marco Institucional	60
III. Método	61
3.1 Tipo de Investigación	61
3.2 Ámbito Temporal y Espacial.....	61
3.2.1 Temporal.....	61
3.2.2 Espacial.....	61

3.3 Variables.....	62
3.4 Población y Muestra.....	62
3.4.1 Población	62
3.4.2 Muestra	63
3.5 Instrumentos	63
3.5.1 Para la etapa de campo.	63
3.5.2 Para la etapa de gabinete.....	66
3.6 Procedimientos	67
3.6.1 Etapa de procesamiento fotogramétrico	67
3.6.2 Etapa de levantamiento topográfico convencional	68
3.6.3 Etapa de compatibilidad y complementariedad	69
3.7 Análisis de Datos.....	70
IV. Resultados	70
4.1 Procesamiento Fotogramétrico con Dron (RPA)	70
4.1.1 Delimitación del área de trabajo	70
4.1.2 Planeamiento de vuelo.....	71
4.1.3 Distribución, Cantidad y Características de las marcas de apoyo fotogramétrico	77
4.1.4 Reconocimiento del terreno, evaluación del dron y calidad de los productos....	79
4.1.5 Señalización de los puntos de apoyo fotogramétrico.....	80
4.1.6 Ejecución del planeamiento	81
4.1.7 Georreferenciación de puntos de apoyo geodésicos.....	83
4.1.8 Procesos fotogramétricos usando el dron (RPA).....	83
4.2 Proceso Levantamiento Topográfico Convencional	94
4.2.1 Determinar la cantidad de puntos de control	94
4.2.2 Georreferenciación de los puntos de control	99
4.2.3 Procesamiento de información de los puntos georreferenciados.....	107

4.2.4	Análisis del comportamiento del factor de escala combinado promedio	112
5.2.5	Aplicar el análisis del factor de escala combinado promedio en el levantamiento topográfico.....	116
4.2.6	Generación de información vectorial del levantamiento topográfico.....	117
4.3	Procesos de Compatibilidad y Complementariedad.....	119
4.3.1	Evaluar la precisión de la compatibilidad.....	119
4.3.2	Restitución fotogramétrica a partir del levantamiento topográfico	131
V.	Discusión de los Resultados	135
VI.	Conclusiones	137
	En el Proceso Fotogramétrico	137
	En el Proceso de Levantamiento Topográfico.....	137
	En el Proceso de Compatibilidad y Complementariedad	140
VII.	Recomendaciones	141
VIII.	Referencias.....	142
IX.	ANEXOS	143
9.1	Plano: Ubicación del Sector Catastral N° 07 en el Distrito de Chaclacayo.....	143
9.2	Reportes del post procesamiento	143
9.3	Cuadro de Datos Técnicos.....	143
9.4	Plano: Distribución de puntos geodésicos en el Sector Catastral N° 07 del distrito de Chaclacayo.	143
9.5	Plano topográfico del Sector Catastral N° 07 del distrito de Chaclacayo.	143
9.6	Plano General Catastral Sector N° 07 del distrito de Chaclacayo.	143

Índice de Tablas

Tabla 1. Parámetros del elipsoide de revolución	33
Tabla 2. Instituciones Generadoras de Cartografía	60
Tabla 3. Variables del proyecto	62
Tabla 4. Distribución de los vuelos por bloques	83
Tabla 5. En el bloque 01 se usaron 10 puntos de apoyo el cual tiene un ECM de 3 cm.....	91
Tabla 6. En el bloque 02 se usaron 11 puntos de apoyo el cual tiene un ECM de 4 cm....	91
Tabla 7. En el bloque 03 se usaron 08 puntos de apoyo el cual tiene un ECM de 3 cm.....	92
Tabla 8. En el bloque 04 se usaron 04 puntos de apoyo el cual tiene un ECM de 3 cm.....	92
Tabla 9. Valores de ECM.....	92
Tabla 10. Cuadro de tiempos procesos fotogramétrico vs Bloque fotogramétrico.....	93
Tabla 11. Coordenadas del centroide generadas desde Google Earth	96
Tabla 12. Cuadro de Datos Técnicos – Sector Catastral N° 07	114
Tabla 13. Valores de distancia entre los PAF y el centro de la marca en al ortofoto	124
Tabla 14. Medición de datos de las discrepancias de fotogrametría y topografía	130

Índice de Figuras

Figura 1. Lado izquierdo dron de ala rotatoria y derecho dron de ala fija	29
Figura 2. Se visualiza el recubrimiento transversal y longitudinal visto de tierra	30
Figura 3. Se explica los tipos de traslapes y el recorrido de la línea de vuelo	30
Figura 4. Lado izquierdo marca de concreto y derecho marca de madera.....	30
Figura 5. La tierra y el geoide	32
Figura 6. Geoide y Elipsoide.....	33
Figura 7. Cilindro tangente al elipsoide en el plano ecuatorial.....	35
Figura 8. Los paralelos se proyectan en circunferencias paralelas entre si.....	36
Figura 9. Los meridianos se proyectan en líneas rectas paralelas al eje del cilindro	36
Figura 10. Desarrollo del cilindro.	37
Figura 11. Cilindro tangente al elipsoide en el plano del meridiano origen	38
Figura 12. Cilindro tangente al elipsoide en el plano del meridiano origen	38
Figura 13. Corte del cilindro	39
Figura 14. Desarrollando el cilindro	39
Figura 15. Cilindro transversal y secante al elipsoide.....	40
Figura 16. Resultado de la intersección elipsoide y cilindro	41
Figura 17. Desarrollando una zona UTM	41
Figura 18. Analisis de una zona UTM	42
Figura 19. Desarrollando el cilindro, 60 zonas o husos UTM	42
Figura 20. Zonas UTM para el Perú.....	44
Figura 21. Forma geoidal de la tierra, imagen de la NASA 1990.....	48
Figura 22. Comparación gráfica entre elipsoide y geoide.....	49
Figura 23. Sistema de coordenadas cartesianas geocéntrico.....	50
Figura 24. Sistema de Coordenadas cartesianas geocéntrico del punto “p”	51
Figura 25. Ilustración de los meridianos y paralelos sobre el globo terrestre.....	52

Figura 26. Equipo receptor trimble R7 GNSS	56
Figura 27. Panel frontal del receptor trimble R7 GNSS	57
Figura 28. Estación total topcon.....	58
Figura 29. División por sectores del distrito de Chaclacayo.....	62
Figura 30. Sector 07 de Chaclacayo.....	63
figura 31. Inspire 1 V2 y accesorios.....	64
Figura 32. Marca de madera sobre césped	64
Figura 33. Receptor TRINBLE R7GNSS	65
Figura 34. Estación total TOPCON modelo ES-105	65
Figura 35. Softwares utilizados para procesamiento de información Fotogramétrica: Lado Izquierdo software Erdas Imagen, centro software Pix4D y derecho software Agisoft.....	66
Figura 36. Software utilizado para procesamiento de información	66
Figura 37. Sector N° 07 Chaclacayo	71
Figura 38. Perímetro de vuelo y perímetro catastral del sector 07.....	72
Figura 39. GSD de 3cm/pixel a 80m.....	72
Figura 40. La elección del GSD del vuelo está estrechamente ligado a la precisión del proyecto, por ser un trabajo para fines catastrales se optó por un GSD de 3 cm/pixel.....	73
Figura 41. Bloques o áreas de Vuelo	74
Figura 42. Ortofoto realizado con un vuelo normal (transversal o longitudinal).....	75
Figura 43. Ortofoto realizada con vuelo cruzado (transversal y longitudinal)	75
figura 44. Planeamiento del vuelo usando el software DJI GSPRO en sentido transversal	76
Figura 45. Planeamiento del vuelo usando el software DJI GSPRO en sentido longitudinal	76
Figura 46. Distribución de los PAF en el Sector 07 del distrito de Chaclacayo.....	77
Figura 47. Diseño de la marca fotogrametrica	78

Figura 48. Marca fotogramétrica en la ortofoto del Punto PFC09.....	79
Figura 49. Inspección del RPA Inspire 1 V2 en el patio de la Biblioteca de Chaclacayo ..	79
Figura 50.Dom DJI, Inspire 1 V2.....	80
Figura 51. Marca de Madera asegurada con clavos	81
Figura 52. Se usó un portal web (Windy) de condiciones de tiempo	82
Figura 53. Fotos orientadas y generación de nube dispersa.....	84
Figura 54. Medición en campo del punto de apoyo fotogramétrico CHCL55.....	85
Figura 55. Punto de apoyo fotogramétrico ubicada en diferentes imágenes.....	85
Figura 56. Reorientación de las fotos después de la optimización del ingreso de puntos de apoyo fotogramétrico.....	86
Figura 57. Imagen de lado derecho se observa un modelo tridimensional realista generado por la nube densa de puntos, lado izquierdo acercamiento a la nube de puntos, se aprecia un gran número de puntos que dan forma a las estructuras	86
Figura 58. Es un insumo producto de la nube densa, en la cual se crea caras trianguladas entre puntos generando una malla.....	87
Figura 59. Modelo digital del terreno del bloque 4 del sector 7 del distrito Chaclacayo ...	88
Figura 60. Elaboración de líneas de corte o costuras de la ortofoto del sector 07 de Chaclacayo.....	89
Figura 61. Líneas de corte del sector 07 para cada bloque	90
Figura 62. Ortofoto del sector 7 del distrito de Chaclacayo de 160 ha.....	90
Figura 63. Flujograma de procesos fotogramétrico con RPAP.....	94
Figura 64. Coordenadas UTM del Punto 1 (centroide) - Sector Catastral N° 7.....	96
Figura 65. Ejemplo de radio de acción de 315 metros para un punto geodésico	99
Figura 66. Puntos de control solo fotogramétrico	100
Figura 67. Sección transversal de una marca o hito geodésico.....	101

Figura 68. Modelo para la inscripción sobre el hito geodésico.....	102
Figura 69. Monumentación de puntos geodésicos	102
Figura 70. Base CHCL enlazada a la red geodésica nacional.....	104
Figura 71. Base CHCL2 enlazada a la red geodésica nacional.....	104
Figura 72. Estación Base CHCL enlazada a la REGPMOC	105
Figura 73. Estación Base CHCL2 enlazada a la REGPMOC	105
Figura 74. Georreferenciación del punto de control geodésico PFC09 ubicado en la biblioteca central de la municipalidad de Chaclacayo	106
Figura 75. Medición de altura a la “Base de la Muesca.....	107
Figura 76. Almacenamiento de información geodésica.....	108
Figura 77. Data de los 25 puntos de control geodésico.....	108
Figura 78. Data del Instituto Geográfico Nacional	109
Figura 79. Configuración del TBC para el procesamiento GNSS	109
Figura 80. Importación de archivos en formato “.T01”	110
Figura 81. Vista cronológica de los 25 puntos geodésicos	110
Figura 82. Edición de sesiones.....	111
Figura 83. Procesamiento GNSS de las 25 marcas geodésicas.....	111
Figura 84. Hoja de cálculo de vectores	112
Figura 85. Factor escala combinado promedio – Sector Catastral N° 07	115
Figura 86. Sector Catastral N° 07, radio de influencia de los puntos geodésicos.....	115
Figura 87. Descarga de la información topográfica	117
Figura 88. Nube de puntos del proyecto	118
Figura 89. Plano vectorial de sector catastral N°07	119
Figura 90. La información de niveles de topografía enriquece el plano vectorial.....	120

Figura 91. La restitución fotogramétrica de lotes usando la información topográfica de las manzanas.....	120
Figura 92. Compatibilidad de ambos métodos (método mixto).....	121
Figura 93. . Las construcciones internas de la manzana se trazan en su respectiva altura y nivel correspondiente al catálogo de fotogrametría	121
Figura 94. Plano vectorial culminado con todos sus componentes urbanos	122
Figura 95. Visualización de la restitución fotogramétrica superpuesta en la ortofoto del sector 7 del distrito de Chaclayo.....	122
Figura 96. Verificación de la Precisión de los puntos de apoyo fotogramétrico en la ortofoto	123
Figura 97. Línea de topografía (Magenta) con el nivel Vereda superpuesto en la ortofoto, siendo la vereda un elemento en el terreno	125
Figura 98. La línea de topografía (Magenta) con el nivel Cerco de material noble calza en la ortofoto, siendo el muro un elemento elevado	126
Figura 99. Trazo realizado por topografía y restitución fotogramétrica	127
Figura 100. Acercamiento de la figura 90 donde se observa la discrepancia entre ambas metodologías (Fotogrametría y topografía) es de 2.21 cm	127
Figura 101. Segmento del parque que fue levantado con topografía para complementar la restitución.....	128
Figura 102. Acercamiento de la figura 93 donde se aprecia una discrepancia entre ambas metodologías de 2.48 cm	128
Figura 103. Los círculos magenta son el área evaluadas para hallar la precisión del plano vectorial.....	129
Figura 104. Estación fotogramétrica acondicionada con las imágenes de un RPA lista para realizar procesos de restitución.....	132

Figura 105. Lado izquierdo: bloque fotogramétrico adecuado a una manzana, lado derecho: manzana que comprende dicho Bloque fotogramétrico..... 133

Figura 106. La información levantada fue a nivel de frente de lotes y construcciones no visibles. 133

RESUMEN

La finalidad del presente trabajo de investigación profesional es obtener la cartografía básica para fines de catastro urbano, mediante el levantamiento topográfico convencional (método directo), la fotogramétrica (método indirecto) y finalmente como ambos métodos se complementan.

El método fotogramétrico (método indirecto) consistió en realizar un plan de vuelo, georreferenciación de puntos de apoyo, ejecución del plan de vuelo, generación de nube de puntos, modelo digital de terreno, ortofoto, etc.

El método topográfico convencional-Automatizada (método directo) consistió en realizar, la distribución y georreferenciación de los puntos de control, procesamiento de la información, determinar el factor de escala combinado promedio, levantamiento topográfico, etc. Para así generar la cartografía de manzanas y frentes de lote.

Por ultimo esta información levantada con el método convencional-Automatizada se complementó, por medio de las estaciones de restitución y la ortofoto, generando así una cartografía que cumpla con los estándares de calidad, en menos tiempo que tomaría realizarlo convencionalmente.

Los resultados alcanzados, se ubican en el sector N° 07 del distrito de Chaclacayo y cubren un área delimitada por el Este de 306 093m a 308 695m y por el Norte de 8 674 350m a 8 675 840m para una extensión de 120 Ha aproximadamente, sobre la cual se establecieron 25 puntos geodésicos debidamente enlazados a la Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo (REGPMOC) oficial para el Perú, según Resolución Jefatural N°086-2011-IGN/OA/DGC del Instituto Geográfico Nacional.

Palabras claves: Dron, Ground Sample Distance (GSD), Ortofoto, Restitución, Receptor Geodésico GNSS, Factor Escala de Altura, Factor Escala de Proyección o UTM, Factor Escala Combinado, Coordenadas UTM, Estación Total, Levantamiento Topográfico.

ABSTRACT

The purpose of this professional research work is to obtain the basic cartography for urban cadastre purposes, by means of the conventional topographic survey, the photogrammetric survey (indirect method) and finally how both methods complement each other.

The photogrammetric method (indirect method) consisted of making a flight plan, georeferencing support points, execution of the flight plan, generation of cloud points, digital terrain model, orthophoto, etc.

The conventional topographic method consisted in carrying out, the distribution and georeferencing of the control points, the processing of the information, the average climbing factor, the topographic survey, etc.

Finally, this information was based on the conventional method complemented, in the middle of the service stations and in the orthophoto, a cartography was generated that meets the quality standards, in less time than it would take.

The results achieved are located in sector No. 07 of the Chaclacayo district and cover an area bounded by the East from 306 093m to 308 695m and by the North from 8 674 350m to 8 675 840m for an extension of approximately 120 Ha published, on which 25 geodetic points have been established are duly rounded to the Peruvian Geodetic Network of Continuous Monitoring (REGPMOC) official for Peru, according to Resolution No. 086 -2011 -IGN / OA / DGC of the National Geographic Institute.

Keywords: Dron, Sample soil distance (GSD), Orthophoto, Restitution, GNSS geodesic receiver, Height Scale Factor, Projection Scale Factor or UTM, Combined Scale Factor, UTM Coordinates, Total Station, Topographic Survey.

I. Introducción

El presente trabajo de investigación está relacionado con el levantamiento topográfico convencional-automatizada (método directo), la fotogramétrica (método indirecto) y como ambos métodos son compatibles para luego ser complementados, esto con la intención de generar cartografía básica con fines de catastro urbano en el Sector Catastral N° 07 del distrito de Chaclacayo. Con éste trabajo de investigación se quiere mantener la precisión haciéndola más eficiente en el desarrollo de la cartografía básica para futuros proyectos que se pretendan ejecutar en el ámbito de la investigación.

La investigación se desarrolló en el Distrito de Chaclacayo en el Sector Catastral N° 07, cubre un área delimitada por el Este de 306 093m a 308 695m y por el Norte de 8 674 350m a 8 675 840m para una extensión de 120 Ha aproximadamente, 79 manzanas y 1676 unidades catastrales. Sobre la cual se establecieron 25 puntos geodésicos debidamente enlazados a la Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo (REGPMOC) oficial para el Perú, según Resolución Jefatural N°086-2011-IGN/OA/DGC del Instituto Geográfico Nacional.

En el primer capítulo se plantea el problema que existe al generar cartografía básica complementando el proceso fotogramétrico y el levantamiento topográfico convencional y la falta de investigación referente a su compatibilidad. Se especifican los objetivos que se quiere alcanzar y la importancia que tiene el presente trabajo de investigación para los proyectos de ingeniería.

En el segundo capítulo se explican las bases teóricas y legales como fundamento del tema en estudio, también se mencionan a las instituciones involucradas en el Perú que ejecutan trabajos relacionados y la definición de términos que se utilizaran en la presente investigación.

En el tercer capítulo se explica el método de investigación utilizado (método explicativo con enfoque cuantitativo) y la metodología utilizada siguiendo una secuencia ordenada.

En este capítulo también abordaremos la zona de estudio, que en nuestro caso es el Sector N°7 del distrito de Chaclacayo, que cuenta con un área aproximada de 120 ha, una altura media de 647 msnm y 79 manzanas.

En el cuarto capítulo se explican a detalle los resultados obtenidos en los distintos procesos como: en el proceso fotogramétrico, el plan de vuelo, el GSD de 3cm/pixel, distribución de los 25 puntos de apoyo y la generación de la ortofoto, por otro lado, en el levantamiento topográfico convencional-automatizado se determinó para los 25 puntos de control un factor de escala combinado promedio de 0.999950725 que permite un radio de influencia de máximo 1000 metros, los puntos procesados cumplen con una precisión geométrica de Orden “C”, precisión relativa de 1:100000, nivel de confianza al 95%, etc. y finalmente en la complementación de ambos procesos se evalúa la precisión de la compatibilidad a partir de la restitución fotogramétrica.

En el quinto capítulo se discuten los resultados obtenidos con los antecedentes, se determina si guardan relación con lo sostenido por los autores o en todo caso el desacuerdo con lo planteado en sus investigaciones.

En el sexto y séptimo capítulo se detallan las conclusiones de los resultados obtenidos de forma secuencial y ordenada, al igual que las recomendaciones para el presente trabajo de investigación.

En tal sentido, con ésta investigación se pretende optimizar los trabajos de generación de cartografía, sin dejar de lado los estándares de precisión que se requiere.

1.1 Descripción y Formulación del Problema

1.1.1 Descripción.

En los proyectos de ingeniería ejecutados en el Perú la Cartografía Básica es generada usualmente con el levantamiento topográfico convencional-automatizada (método directo), método que resulta en la actualidad costosa y demanda de mucho tiempo.

Por otra parte, en la actualidad también se viene desarrollando cartografía básica con el proceso fotogramétrico (método indirecto) que, por su naturaleza fotográfica aérea, es más accesible la extracción de la información, sin embargo, al carecer de un rango visual frontal la información es limitada debido a las obstrucciones visuales o por algunas construcciones como los volados de las casas, arboles, etc.

Por lo expuesto, es necesario investigar la discrepancia vectorial entre ambos métodos para poder determinar la compatibilidad y así generar la cartografía básica con fines de catastro urbano, teniendo como ámbito de trabajo los Sector Catastral N° 07 del distrito de Chaclacayo.

1.1.2 Formulación del problema

¿En qué medida se genera cartografía básica con fines de catastro urbano, complementando el proceso fotogramétrico con dron (métodos Indirecto) y el levantamiento topográfico automatizado (Método Directo) permite obtener cartografía de precisión?

Problemas específicos.

¿Cómo se puede desarrollar la fotogrametría con dron?

¿Cómo se puede desarrollar el levantamiento topográfico convencional - Automatizada?

1.2 Antecedentes

1.2.1 Antecedentes Internacionales

Pardo, (2018) en su tesis “Elaboración de Cartografía Básica y Uso del Suelo Caso de Estudio Municipio de Cerinza, Boyacá”. La generación de bases de datos espaciales y el desarrollo de metodologías cartográficas híbridas permiten una exacta representación

geoespacial que constituyen un instrumento indispensable para la administración y el ordenamiento territorial. En Colombia se han realizado numerosos esfuerzos para desarrollar procesos cartográficos eficientes que mitiguen el atraso cartográfico del país, pero aún gran número de municipios se encuentran desactualizados catastralmente y los levantamientos topográficos convencionales quedan cortos además requieren bastante tiempo y recursos para adelantar estos proyectos. Este trabajo buscó desarrollar una metodología híbrida basada en la complementariedad de tres métodos de obtención de información cartográfica: Levantamiento topográfico convencional, sistema RTK (Real Time Kinematic) y fotografías aéreas con Drone, sobre el casco urbano de un municipio, además de confrontar el uso del suelo frente al Esquema de Ordenamiento Territorial establecido, teniendo en cuenta las especificaciones y normas mínimas para la generación de productos cartográficos, obteniendo buenos resultados en el procesamiento de la información recolectada, corroborada a partir del cálculo y análisis estadístico de los errores de cada levantamiento y el conjunto de estos, permitiendo una exitosa digitalización y el cumplimiento del objetivo primo de actualización cartográfica de la zona de estudio.

Gonzales y Muñoz, (2018) en su tesis “Catastro Multipropósito Municipio Chipaque, Cundinamarca. Vehículos Aéreos no Tripulados -UAV para la Elaboración de Productos Fotogramétricos”. La captura de imágenes por medio de UAVs (Unmanned Air Vehicle) para la elaboración de productos fotogramétricos (Modelos Digitales de Superficie y Ortofotografías) no solo facilita y reduce los tiempos y costos de producción de material cartográfico, sino que cuenta con una buena resolución espacial, la cual está en función de los periféricos integrados en el vehículo aéreo. En el presente documento se trata el caso particular de la elaboración de los productos en el municipio Chipaque, Cundinamarca.

Castillo y Escobar, (2017) en su tesis “Actualización cartográfica del Casco Urbano de San Alfonso – Huila Utilizando Tecnología RPAS”. Este proyecto tiene como objetivo la

actualización cartográfica del casco urbano de San Alfonso – Huila, por medio de imágenes aéreas capturadas con tecnología RPAS. En el desarrollo de esta tesis se verán aspectos metodológicos que ocupa la actualización cartográfica desde el momento de la toma de las fotografías aéreas que en este caso fueron 69 a una altura de vuelo de 322m, el procesamiento en el software de fotogrametría Agisoft PhotoScan, los resultados obtenidos, dos planchas a escala 1:2000 y un ortomosaico 1:5000, el análisis de resultados que nos lleva a comparar la cartografía de 1983 a la cartografía actualizada; satisfaciendo los requerimientos de las Normas Técnicas que establece el IGAC para cartografía básica.

Claros, Guevara y Pacas (2016) en su tesis “Aplicación de Fotogrametría Aérea en Levantamientos Topográficos Mediante el uso de Vehículos Aéreos no Tripulados” tuvo como objetivo aplicar la fotogrametría aérea digital a través del uso de vehículos aéreos no tripulados o drones en levantamientos topográficos para la medición de terrenos y producción de cartografía catastral. El área de investigación fue el campus de la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador. La investigación busca mantener un enlace descriptivo para la aplicación de la fotogrametría aérea en levantamientos topográficos, esta metodología comprenderá desde la etapa de planeamiento de vuelo hasta la restitución, detallando un secuencia lógica y ordenada. El uso de vehículos aéreos no tripulados permite la creación de modelos digitales de terrenos y la representación cartográfica de estos.

Robayo, (2015) en su tesis “Metodología para la obtención de catastro físico mediante el uso de nueva tecnología fotogramétrica”. La realidad catastral de la mayoría de los municipios del Ecuador es la desactualización o ausencia de sus bases cartográficas y alfanuméricas, utilizadas para la valoración de los bienes inmuebles y planificación territorial. Por otro lado la evolución de la tecnología ha permitido mejorar una técnica de obtención remota de información, la fotogrametría, la que permite generar cartografía a partir de fotografías ya sean estas tomadas desde el aire o desde la superficie terrestre, las principales empresas dedicadas a

la “geotrónica”, han dotado a la población civil de nuevas tecnologías para mejorar la técnica mencionada anteriormente, en la parte aérea se han desarrollado sistemas que ya no necesitan la intervención humana, los UAV y en la parte terrestre se han diseñado equipos de medición con un corto tiempo de captura de la información en campo que permite el modelamiento tridimensional de los objetos. Mediante el uso de las nuevas tecnologías se pretende diseñar y probar una metodología que permita la obtención o actualización del catastro físico, para así proveer a las entidades que administran el territorio de un mejor criterio para establecer las contribuciones que debe realizar la sociedad y administrar eficazmente su jurisdicción territorial.

1.2.2 Antecedentes Nacionales

Dolores, (2017) en su tesis “Aplicación de métodos fotogramétricos mediante vehículos aéreos no tripulados para plano catastral en San Juan de Lurigancho 2017”. Tuvo como objetivo general determinar la mejora del plano catastral mediante los métodos fotogramétricos con vehículos aéreos no tripulados en San Juan de Lurigancho. Al respecto de la “Aplicación de métodos fotogramétricos se utilizó la teoría de la (Comunidad de Madrid, 2015), y para el plano catastral las (Normas Técnicas y de Gestión Regulatoras del Catastro Urbano Municipal, Lima 2006). Se aplicó el método de investigación científico de tipo aplicada, nivel de investigación pre - experimental y diseño no experimental; cuyas variables son métodos fotogramétricos y actualización de plano catastral, la población está conformado por el sector 2 de San Juan de Lurigancho y la muestra es de 3 manzanas, el tipo de muestreo es no probabilístico de tipo intencional: el instrumento que se usaron son fichas de recolección de datos y trabajo de campo. Según los resultados obtenidos se concluye que la fotogrametría realizada con vehículos aéreos no tripulados para la elaboración de planos catastrales es muy innovadora y al complementarse con la topografía tradicional nos proporciona una información del terreno una buena calidad de información, el cual servirá para una adecuada elaboración de los planos catastrales.

Quispe, (2016) en su tesis “Propuesta metodológica para la generación de ortofotomapas desde imágenes aéreas obtenidas con microdron – multirrotor, área de estudio: playas distrito de Barranco, Lima-Perú. Determina la empleabilidad del sistema microdron-multirrotor potenciado como alternativa para obtener ortofotomapas que cumplan las especificaciones técnicas elaboradas por las instituciones técnicas oficiales del gobierno peruano. Describe la propuesta metodológica para generar ortofotomapas a partir de imágenes aéreas obtenidas con microdron-multirrotor. Identifica los componentes básicos del microdron-multirrotor para su uso y aplicación en el caso de estudio. Determina el grado de precisión y exactitud de la plataforma dron en referencia a puntos GPS de orden mayor. Determina los valores GSD teórico y su respectiva verificación mediante una actividad experimental controlada a varias alturas de vuelo. Desarrolla la propuesta metodológica en el estudio caso correspondiente a las playas del distrito de Barranco para una escala de 1:1000.

Quispe, (2015) en su tesis “Análisis de GSD para la generación de cartografía utilizando la tecnología drone, huaca de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos” En el presente artículo, de forma experimental y mediante el parámetro Ground Sample Distance (GSD), se analiza la relación entre la altura de vuelo del dron y la identificación de objetos para la generación de cartografía. Se realizaron vuelos programados a distintas alturas, respecto al nivel de despegue y considerando la altura de la huaca de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, empleando un dron multirrotor, lo que generó ortofotos con distinto GSD y permitió concluir el potencial uso del dron para la generación de cartografía a gran escala.

Tacca, (2015) en su tesis “Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional”. El objetivo principal de la presente investigación es comprobar el resultado de medidas obtenidas en forma directa con una estación total, equipo que es catalogado como instrumento de alta precisión una vez configurado; con las medidas obtenidas de las fotos aéreas tomadas desde un Drone (UAV), y

con el apoyo de un software especializado en este tema, con la finalidad de comparar la precisión adecuada. A partir de este procesamiento se puede obtener el modelamiento en forma virtual, así mismo la comparación de tiempo en cada una de las modalidades de trabajo, y así determinar la forma más adecuada para su ejecución. La conclusión final nos da a conocer en un nivel de precisión, costo y tiempo en un 95% de confianza, en la comparación hecha tanto con la estación total, así como el procesamiento de las aerofotos obtenidas con el Drone (UAV). Esto quiere decir que ambos métodos son similares estadísticamente en resultado de medidas.

Sánchez, (2013) es su tesis “Comparación de los métodos de levantamiento catastral: con GPS diferencial y ortofotografías del caserío de Santa Rosa de Tananta - provincia de Tocache. Este trabajo de investigación se realizó a través de un estudio preliminar de carácter exploratorio comparando el levantamiento catastral realizado con GPS Diferencial en base a puntos, con los datos proporcionados por una Ortofoto, sobre una misma área de estudio (N = 660 para ambos casos). Surgieron diferencias de valores en las coordenadas UTM tanto en el Este como en el Norte, con respecto a la hora de toma de datos, así como con el valor adimensional del PDOP, estos fueron menores en horas de la tarde, así mismo mientras más bajo sea el PDOP menores serán las diferencias entre ambos métodos. Se demostró que la viabilidad de la utilización de Ortofotos en el levantamiento catastral con DGPS con fines de la formalización de la propiedad informal. Cabe resaltar que la investigación está basada en la precisión que presenta el DGPS, como la Ortofoto. Como resultados obtenidos del levantamiento catastral, encontramos una diferencia máxima de 3.39 m, en coordenadas Norte; una media aritmética de 0.59 y 0.75; y una desviación estándar de 0.81 y 0.60 para coordenadas Este y Norte respectivamente. Se compararon estas diferencias contrastándolas tanto con la hora de toma de datos como con el PDOP, siendo poco relevantes, ya que no hay efecto negativo siempre y cuando no excedan los valores permisibles.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo General.

Generar Cartografía Básica de precisión a partir del proceso fotogramétrico con dron (método indirecto), complementado con el levantamiento topográfico automatizado (método directo) y su compatibilidad entre ambos.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Realizar el Proceso Fotogramétrico con dron (Método Indirecto) para generar mediante la restitución parte de la cartografía.
- Realizar el Levantamiento Topográfico Convencional-Automatizado (Método Directo) de los frentes de lote y manzana para complementar la cartografía generada a partir de la restitución.

1.4 Justificación.

La importancia en el desarrollo de la presente investigación es generar información cartográfica de precisión con fines de catastro urbano a partir de complementar el método directo e indirecto, para ello abordaremos inicialmente ambos métodos por separado, haciendo que el proceso de topografía automatizada (insitu) sea más eficiente al levantar sólo los frentes de lotes y manzanas y la cartografía generada por el proceso fotogramétricos sea completada con el levantamiento topográfico automatizado, por lo expuesto es pertinente determinar el grado de compatibilidad de ambas metodologías para finalmente poder complementarlas.

1.5 Hipótesis.

Se podría generar Cartografía Básica de precisión con fines de catastro urbano utilizando el proceso fotogramétrico con dron (método indirecto), el proceso topográfico automatizado (método directo) su compatibilidad y complementación.

II. Marco Teórico

2.1 Bases Teóricas Sobre el Tema de Investigación

2.1.1 Bases teóricas

- Bernard O Binns, Sir y Peter F Dale. 1996 “Los Levantamientos Catastrales y el de la Propiedad de la Tierra”. EE.UU.

Sostuvieron que “La fotogrametría es otro método mediante el cual es posible establecer gran número de puntos de control sobre una zona limitada, siempre que en las fotografías puedan verse claramente puntos adecuados del terreno. Las posiciones de algunos puntos en el terreno deben determinarse mediante el SPM, triangulación o levantamientos poligonales” (p.15).

- Leonardo B. Ivars. 2013 “Geo tecnologías aplicadas a levantamientos catastrales y cartografía catastral urbana”. Argentina

Sostuvo que “Es decir que cualquiera sea el método de levantamiento, directo o indirecto – en contacto con el objeto o no – sus resultados serán utilizados para ubicar objetos naturales o artificiales sobre la superficie terrestre y representarlos cartográficamente” (p.62).

- Irineu da Silva y Paulo C. Lima. 2015 “Topografía para Engenharia”. Brasil

Sostuvieron que “Para que las deformaciones sean controladas, el área de proyección de la superficie elipsoidal sobre el cilindro debe estar restringida a 6° de amplitud, determinando varias porciones de proyección denominados husos” (p.152).

2.1.2 Definición de términos

Compatibilidad.

La compatibilidad se entiende en el ámbito de la ingeniería y la tecnología como la capacidad que tienen dos sistemas de trabajar uno con otro simultáneamente, lo que puede tolerarse junto o recíprocamente.

(Ref. <https://sistemas.com/compatibilidad.php>).

Complementar.

Combinarse, dos cosas diferentes, de manera que el efecto resultante sea mejor, más completo, efectivo o perfecto que el de cada una por separado.

(Ref. <https://sistemas.com/complementar.php>).

Plan de vuelo

Es un conjunto de cálculos y estimaciones a través de las cuales se organiza las cuestiones operativas para alcanzar el objetivo del levantamiento.

(Ref. David Virués Ortega, Jose Antonio García-Cabañas Bueno, 2016, Piloto de Dron RPAS, 2da Edición, Madrid - España)

Ortofoto

También llamada ortofotomapa u ortofotografía, es una presentación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, en la que todos los elementos presentan la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la misma validez de un plano cartográfico.

(Ref. Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial SNCP, 2011, Estándares Cartográficos Aplicados al Catastro, 1ra Edición, Lima Perú).

Dron - RPAS (Remotely piloted aircraft system)

Aeronave Pilotadas a Distancia conocidos como DRONES, en la actualidad estos sistemas se utilizan para aplicaciones tanto en el ámbito militar como en el civil. Para la denominación de estos vehículos en uso civil se ha empezado a utilizar en Estados Unidos y la Unión Europea el término Remotely Piloted Aircraft (RPAS). Este concepto surgió para evitar la desconfianza de la población, la cual pensaba que estos no estaban dirigidos por nadie. (*ver figura 1*)

(Ref. David Virués Ortega, Jose Antonio García-Cabañas Bueno, 2016, Piloto de Dron RPAS, 2da Edición, Madrid - España)



Figura 1. Lado izquierdo dron de ala rotatoria y derecho dron de ala fija
Fuente: Elaboración Propia

Ground sample distance (GSD)

Definido por sus siglas (Ground Sample Distance), es la equivalencia del valor del pixel en relación con el terreno, es decir si tenemos un GSD de 3 cm/pixel, este valor nos representa que un pixel de la foto aérea nos representa 3 cm en el terreno.

(Ref. Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial SNCP, 2011, Estándares Cartográficos Aplicados al Catastro, 1ra Edición, Lima Perú).

Traslape.

El traslape entre fotos aéreas es una condición necesaria para la visualización de imágenes en estereoscopia. Tradicionalmente los vuelos realizados por vehículos aéreos tripulados tenían la configuración de un traslape longitudinal de 60 % y un transversal de 30 %. (ver figura 2 y 3)

En la actualidad los procesos fotogramétricos realizados con drones (RPA) requieren traslapes mayores por exigencia de los programas de procesamiento especializado, siendo estos valores de traslape longitudinal y transversal como mínimo un 75% y 60% respectivamente.

(Ref. Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial SNCP, 2011, Estándares Cartográficos Aplicados al Catastro, 1ra Edición, Lima Perú).

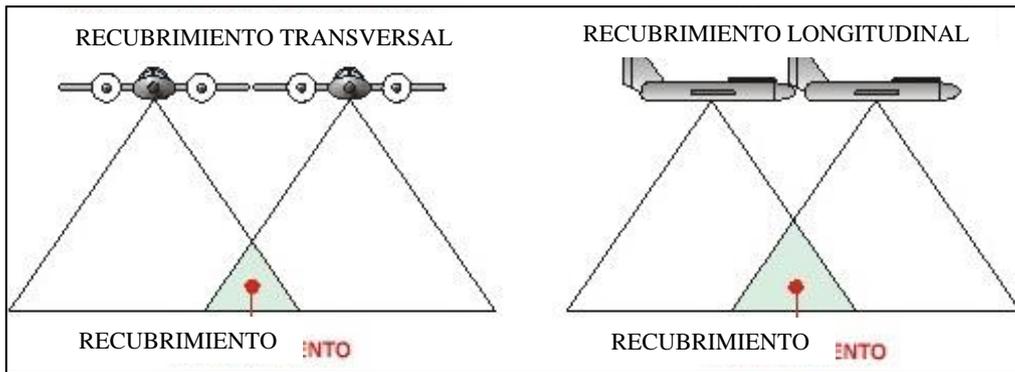


Figura 2. Se visualiza el recubrimiento transversal y longitudinal visto de tierra
Fuente: <http://www.catalonia.org>

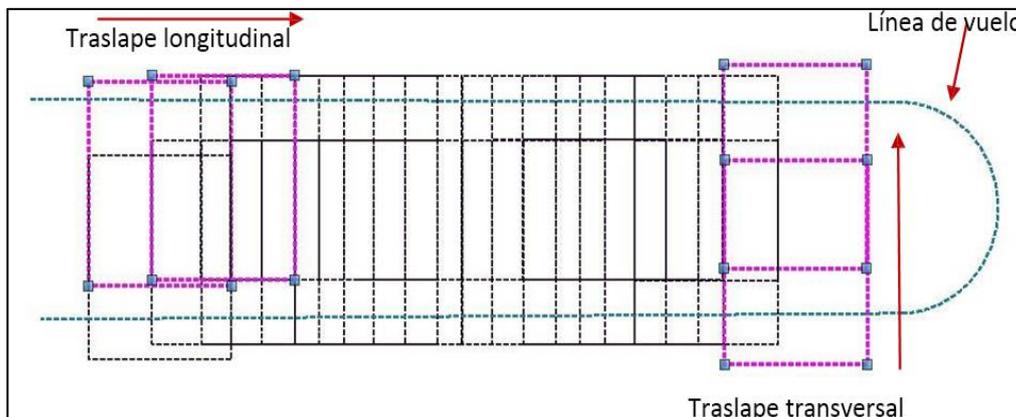


Figura 3. Se explica los tipos de traslapes y el recorrido de la línea de vuelo
Fuente: COFOPRI-SGT

Marca en terreno

Es un identificador de los puntos de control en el terreno de estudio. Lo podemos encontrar desde concreto, plástico o madera.



Figura 4. Lado izquierdo marca de concreto y derecho marca de madera
Fuente: Elaboración propia

(Ref. Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial SNCP, 2011, Estándares Cartográficos Aplicados al Catastro, 1ra Edición, Lima Perú).

Geoide

Según Verdú V., Amparo (2007), la palabra Geoide significa “forma de la tierra” y fue introducida por Listing en el año 1873. El geoide es un esferoide tridimensional que constituye una superficie equipotencial imaginaria que resulta de superponer la superficie de los océanos en reposo y prolongada por debajo de los continentes, siendo una superficie de equilibrio de las masas oceánicas sometidas a la acción gravitatoria y a la de la fuerza centrífuga ocasionada por la rotación y traslación del planeta, de manera que la dirección de la gravedad es perpendicular en todos los lugares.

El geoide tiene en cuenta las *anomalías gravimétricas* (debidas a la distribución de las masas continentales y a la densidad de los componentes de la tierra) y el achatamiento de los polos, por el cual es una superficie irregular con protuberancias y depresiones, apartándose de la superficie regular media en desniveles que alcanzan hasta los ± 100 metros. (*ver Figura N° 5*).

Por tanto, el geoide será el lugar geométrico de los puntos que se encuentran en equilibrio bajo la acción de las siguientes fuerzas:

Fuerzas de atracción gravitatoria del resto de los puntos de la superficie de la tierra.

Fuerzas de atracción gravitatoria del resto de los astros del Sistema Solar.

Fuerza centrífuga, debida al movimiento de rotación de la tierra.

Mediante el estudio de estas fuerzas y los potenciales que las mismas producen, es posible llegar a la definición geométrica del geoide.

(Ref. Ing. Ralfo Herrera Rosado, 2015, Geodesia Satelital, 1ra Edición, Lima Perú).

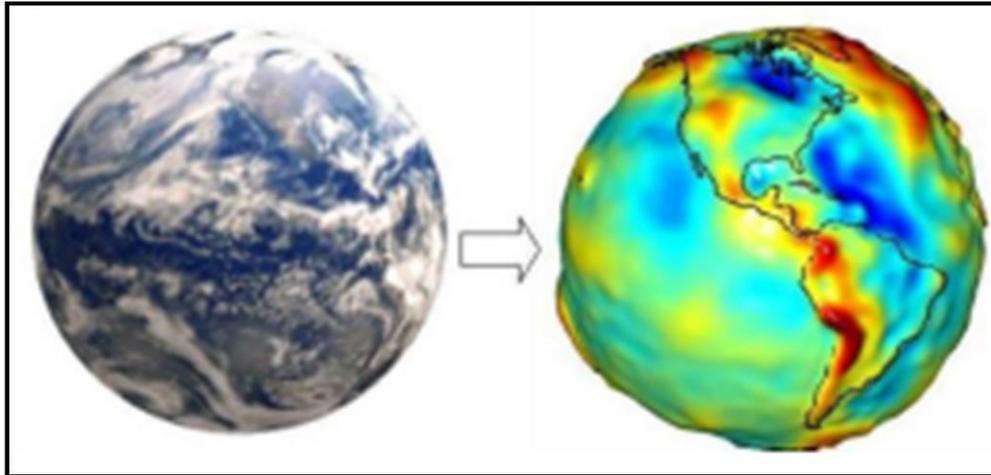


Figura 5. La tierra y el geoide
Fuente: Lincoln Institute of Land Policy

Elipsoide de Revolución.

El hecho que la curvatura del geoide muestre discontinuidades, debido a las variaciones de densidad dentro de la Tierra, no la hace una superficie apta para referir posiciones horizontales. Para realizar determinaciones angulares, de distancias y de posicionamiento horizontal, necesitamos recurrir a una superficie que pueda definirse en términos matemáticos, es por ello que en Geodesia se recurre al elipsoide que es una figura relativamente simple y que se ajusta con suficiente aproximación al geoide.

Dicha superficie se forma a partir de una elipse que gira alrededor de uno de sus dos ejes, siendo éste el eje menor (b), formando de esta manera un elipsoide de revolución. A tal fin, es necesario que el centro de dicha figura sea coincidente con el centro de masa del planeta, que su eje menor (b) esté alineado con el eje z, y que sus ejes mayor y menor tengan las dimensiones apropiadas para ajustar de la mejor manera su tamaño al de la forma real de la tierra. (*ver Figura N° 6*).

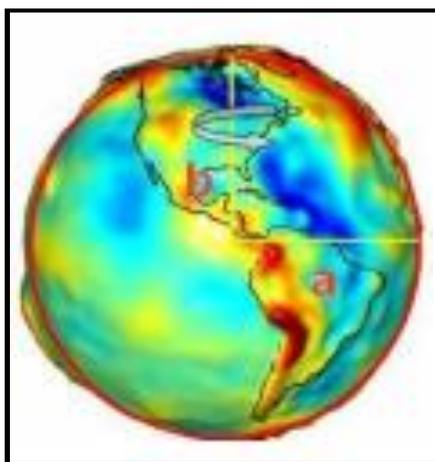


Figura 6. Geoide y Elipsoide
Fuente: Lincoln Institute of Land Policy

A lo largo de la historia, se han utilizado diversos elipsoides para aproximar la forma de la Tierra. Por ejemplo, los DATUM geodésicos determinados a través de métodos terrestres tradicionales, han empleado principalmente el elipsoide internacional de 1924 (Hayford), mientras que los marcos de referencia modernos utilizan los elipsoides GRS80 (Geodetic Reference System de 1980) o el WGS84 (World Geodetic System de 1984), muy conocido éste último por estar asociado al sistema de posicionamiento global GPS de los Estados Unidos. Estos dos últimos elipsoides son, para efectos prácticos, idénticos. Se muestra sus parámetros en la Tabla N° 1.

Tabla 1. Parámetros del elipsoide de revolución

Parámetro	Internacional de 1924 (Hayford)	WGS84	GRS80
a (m)	6378388	6378137	6378137
b (m)	6356912	6356752.31424518	6356752.31414034
f	0.00336700	0.00335281066474748	0.00335281068118363
1/f	297	298.257223563	298.25722210088

Fuente: Lincoln Institute of Land Policy

Siendo:

a = semieje mayor f = achatamiento

b = semieje menor 1/f = achatamiento recíproco

Para los cálculos es importante conocer los siguientes elementos de la elipse:

Ecuación de la Elipse:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

Factor de Achatamiento:

$$f = 1 - \frac{b}{a}$$

Mientras más cerca de cero se encuentre f, más semejante será a una esfera el elipsoide. Por lo general el factor f es muy pequeño, por lo que se acostumbra a proporcionarlo de la siguiente manera: 1/f

Excentricidad (e):

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

Segunda Excentricidad (e'):

$$e' = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{b}$$

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$$

(Ref. Ing. Ralfo Herrera Rosado, 2015, Geodesia Satelital, 1ra Edición, Lima Perú).

Proyección Cartográfica Cilíndrica

Se sabe que, Cartografía es la ciencia que se encarga de la representación de la superficie de la tierra en un plano mediante cartas y mapas. Para ello, actualmente existen distintos tipos

de proyección cartográfica, uno de ellos es la Proyección Cilíndrica, como a continuación se detalla:

Proyección Cilíndrica Mercator:

Consiste en circunscribir un cilindro hueco a un elipsoide, tangente al plano ecuatorial, el eje del cilindro es coincidente con el eje polar de la tierra. (ver figura 7 al 10)

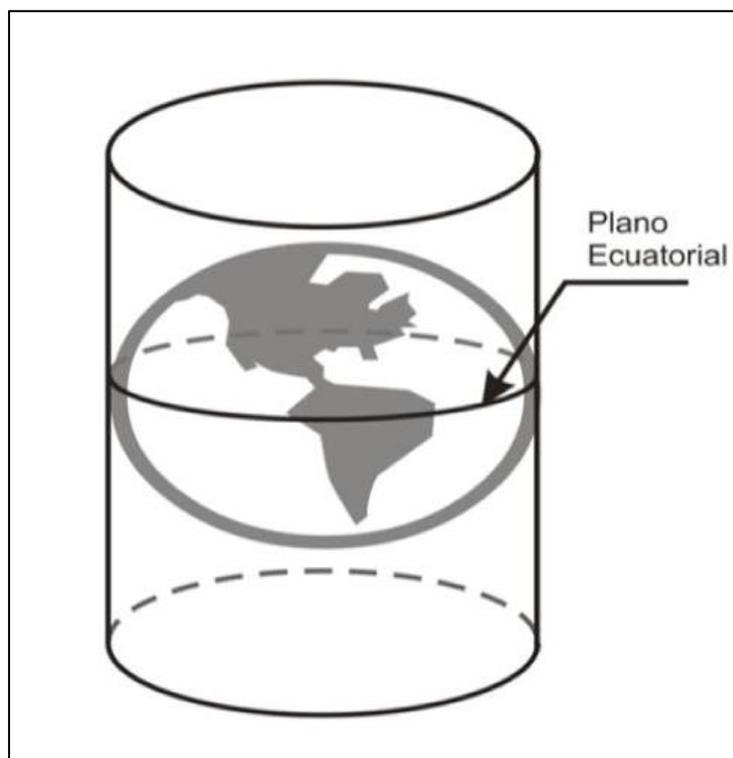


Figura 7. Cilindro tangente al elipsoide en el plano ecuatorial
Fuente: Curso Geodesia Satelital, Ing. Ralfo Herrera

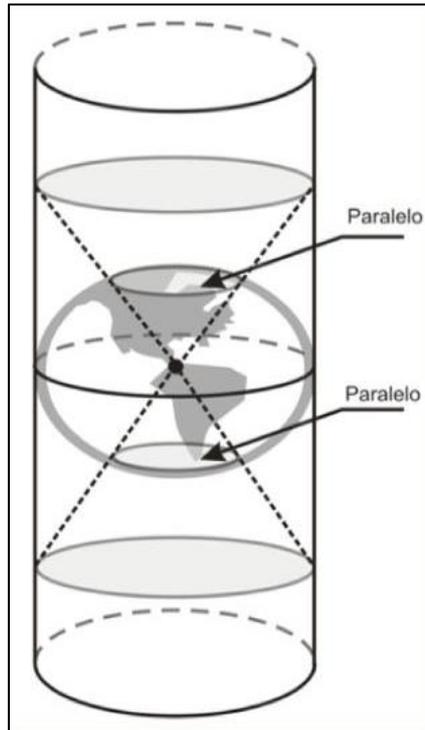


Figura 8. Los paralelos se proyectan en circunferencias paralelas entre si
Fuente: Curso Geodesia Satelital, Ing. Ralfo Herrera

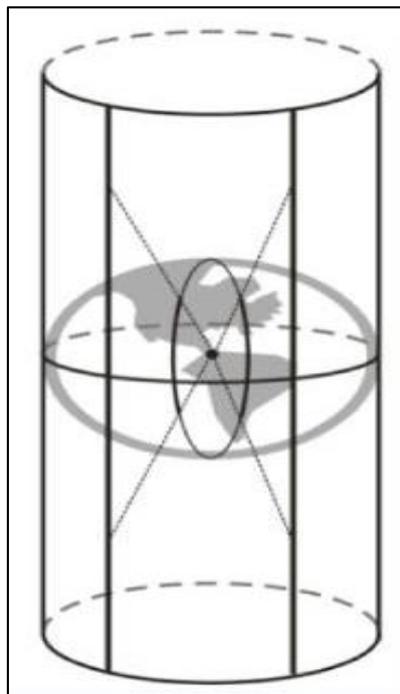


Figura 9. Los meridianos se proyectan en líneas rectas paralelas al eje del cilindro
Fuente: Curso Geodesia Satelital, Ing. Ralfo Herrera



Figura 10. Desarrollo del cilindro.
Fuente: Curso Geodesia Satelital, Ing. Ralfo Herrera

Características:

Los meridianos son líneas rectas paralelas

Los paralelos son líneas rectas paralelos al ecuador y desigualmente espaciales.

El ecuador se representa mediante una línea recta sin deformación (escala verdadera)

Los paralelos y meridianos se intersectan en ángulos rectos.

Proyección Cilíndrica Trasversa de Mercator:

Consiste en circunscribir un cilindro hueco a un elipsoide, tangente a un meridiano (meridiano origen); el eje del cilindro es transversal (perpendicular) al eje de la tierra. (ver Figuras N° 11 y 12).

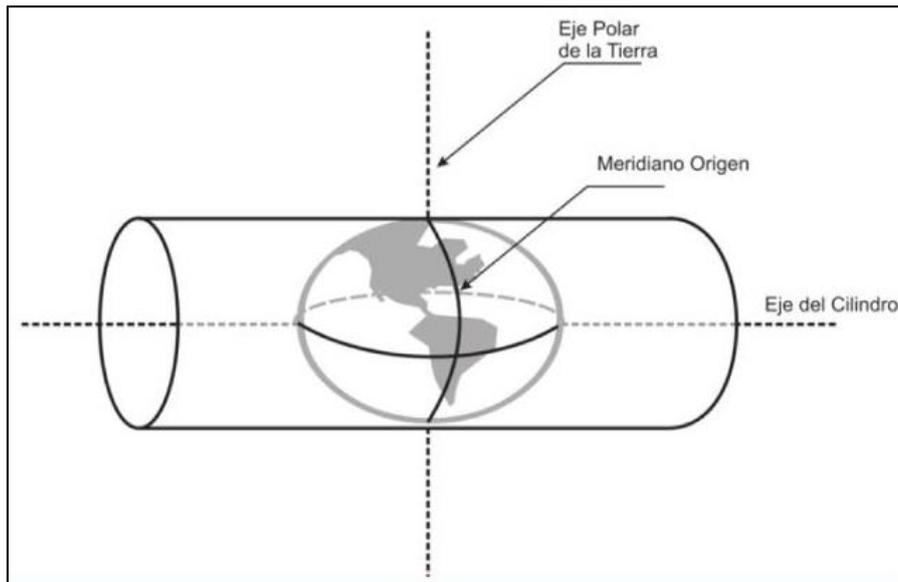


Figura 11. Cilindro tangente al elipsoide en el plano del meridiano origen
Fuente: Curso Geodesia Satelital, Ing. Ralfo Herrera

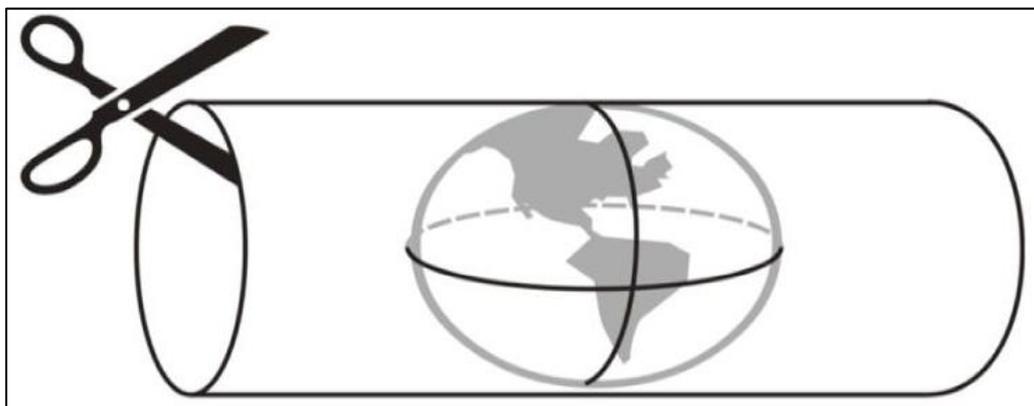


Figura 12. Cilindro tangente al elipsoide en el plano del meridiano origen
Fuente: Curso Geodesia Satelital, Ing. Ralfo Herrera

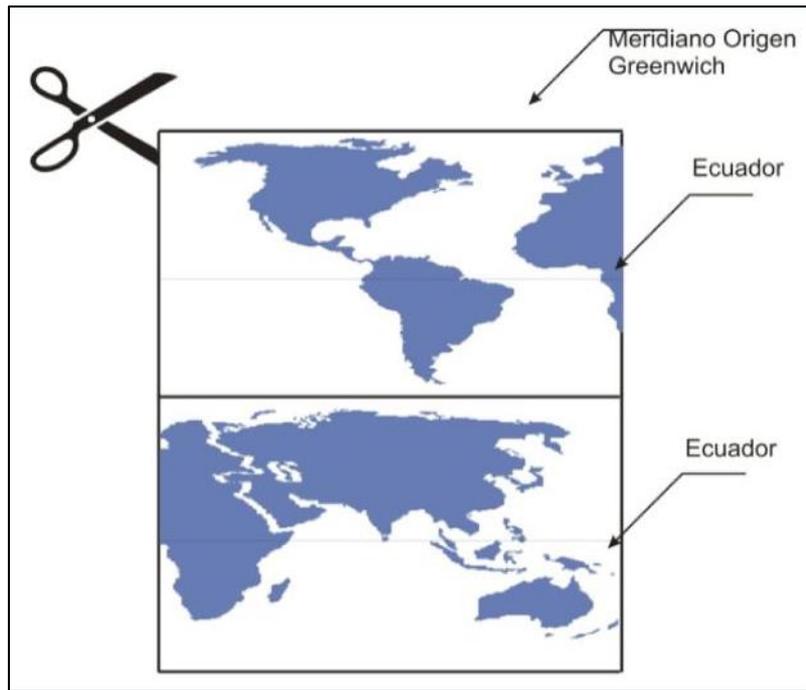


Figura 13. Corte del cilindro
Fuente: Curso Geodesia Satelital, Ing. Ralfo Herrera

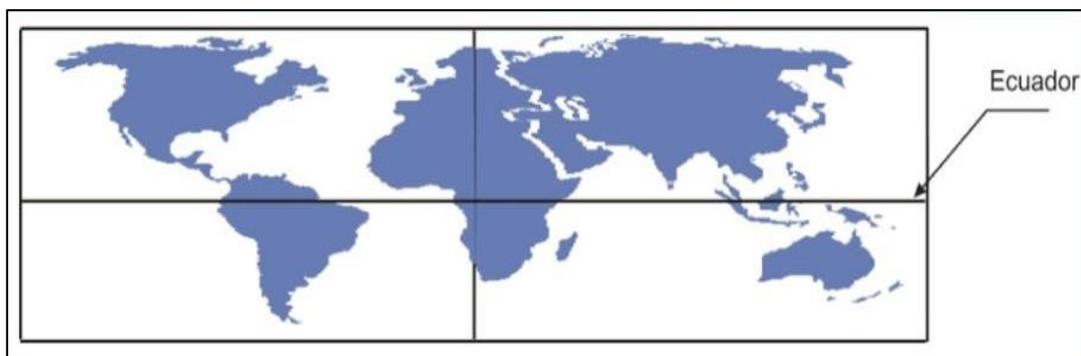


Figura 14. Desarrollando el cilindro
Fuente: Curso Geodesia Satelital, Ing. Ralfo Herrera

Características

- Tanto el meridiano origen como el Ecuador, se representan como líneas rectas.
- Los meridianos, a excepción del meridiano origen son curvas cóncavas.
- Los paralelos, a excepción del Ecuador son curvas cóncavas hacia el meridiano origen.
- La escala es verdadera únicamente a lo largo del meridiano origen.

- Convencionalmente se ha establecido como meridiano origen, aquel que pasa por el meridiano correspondiente al observatorio de Greenwich.
- La escala o deformación se incrementa a medida que nos alejamos del meridiano origen (dirección del paralelo).
- La escala o deformación también se presenta en la dirección del meridiano origen, pero en menor medida.
- Esta proyección es recomendable en regiones cuya extensión es mucho mayor en la dirección norte-sur que en el este-oeste.

Proyección Universal Trasversa de Mercator - UTM:

Es un sistema similar a la Proyección Transversa de Mercator, la diferencia radica en que el cilindro transversal al eje polar de la tierra, intersecta al elipsoide en dos líneas cerradas (líneas estándar) paralelo al meridiano origen.

Esto se realiza con el fin de reducir la distorsión presentada en la proyección del cilindro transversal tangente al elipsoide. (ver Figura N° 15)

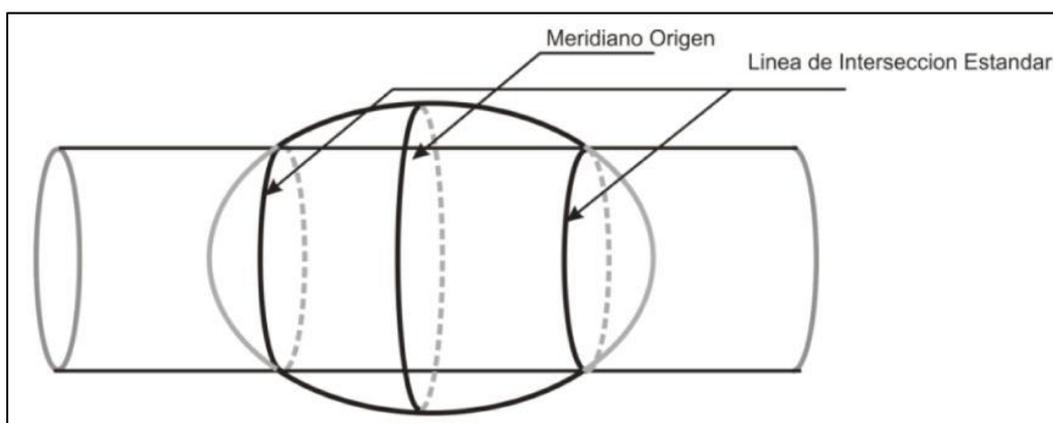


Figura 15. Cilindro transversal y secante al elipsoide
Fuente: Curso Geodesia Satelital, Ing. Ralfo Herrera)

La intersección geométrica del cilindro con el elipsoide, se realiza tal que las líneas estándar originan 3 zonas con proporción 1/6, 2/3, 1/6 (ver Figura N° 16).

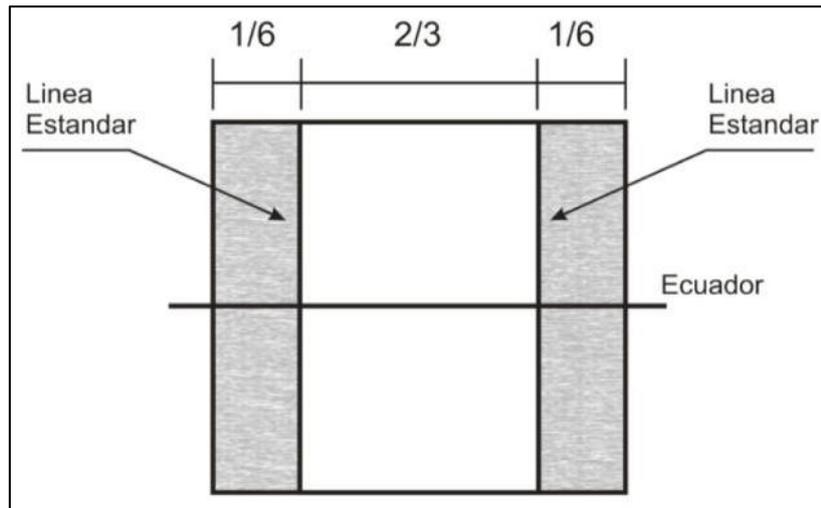


Figura 16. Resultado de la intersección elipsoide y cilindro
Fuente: Curso Geodesia Satelital, Ing. Ralfo Herrera

Analizando el Factor de Escala (K) en una Zona UTM:

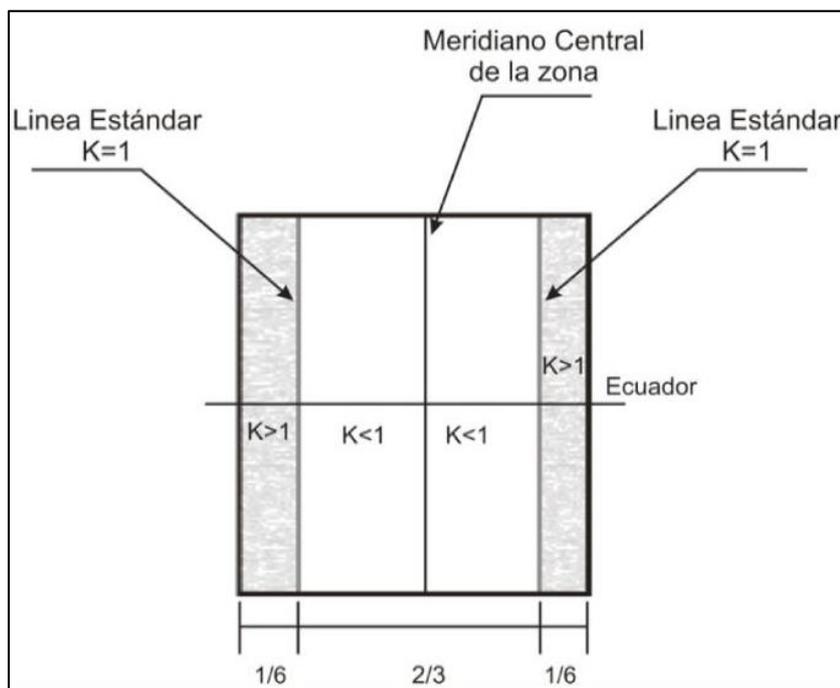


Figura 17. Desarrollando una zona UTM
Fuente: Curso Geodesia Satelital, Ing. Ralfo Herrera

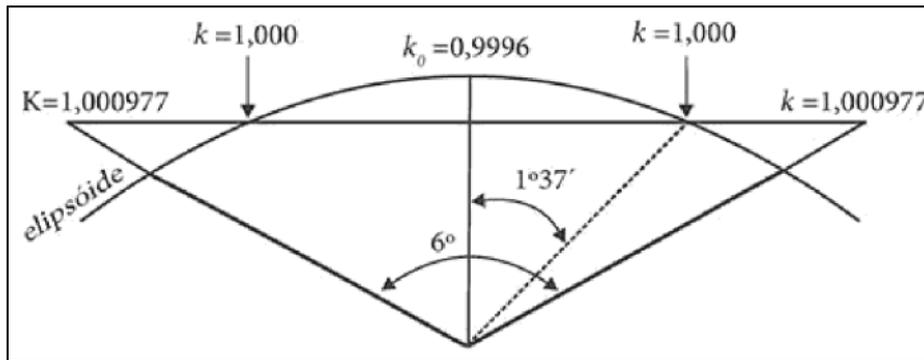


Figura 18. Analisis de una zona UTM

Fuente: Topografía para Ingeniería, Irineu da Silva y Paulo C. Lima Segantine.

Se debe tener en cuenta que esta Proyección UTM tiene su rango de validez entre la Latitud 84° Norte y Latitud 80° Sur.

Por convención:

Se ha establecido dividir el plano proyectado en 60 zonas iguales y distanciadas cada uno 6° . (ver Figura 19).

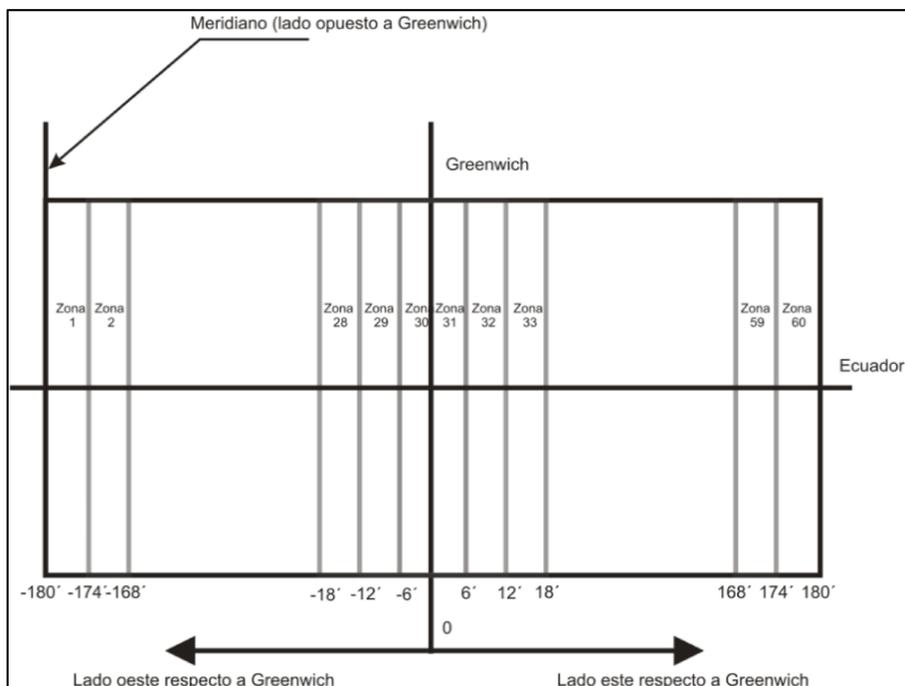


Figura 19. Desarrollando el cilindro, 60 zonas o husos UTM

Fuente: Curso Geodesia Satelital, Ing. Ralfo Herrera.

Características

- La línea media de cada zona toma el nombre de meridiano central y se le asigna como nombre el valor de su longitud geodésica.
- No hay distorsión en el meridiano central (es una línea recta).
- Las distancias a lo largo del meridiano central son verdaderas.
- Para efectos de reducir la distorsión se limita la longitud hasta 6° ; 3° al este y 3° al oeste del meridiano central; por tanto, aparecen 60 zonas.
- Los meridianos cercanos al meridiano central son casi rectos (ligeramente cóncavas con respecto al meridiano central).
- Los paralelos son líneas curvas cóncavas con respecto al polo más cercano.
- La distorsión aumenta a medida que nos alejamos del meridiano central.
- La distorsión o escala también aumenta cuando nos alejamos del ecuador hacia los polos, pero en menor medida.
- Esta proyección es recomendable en regiones cuya extensión es mucho mayor en la dirección norte – sur, que en el este – oeste. (*ver Figura 20*).

Para el caso de nuestro país, está establecido 03 Zonas UTM:

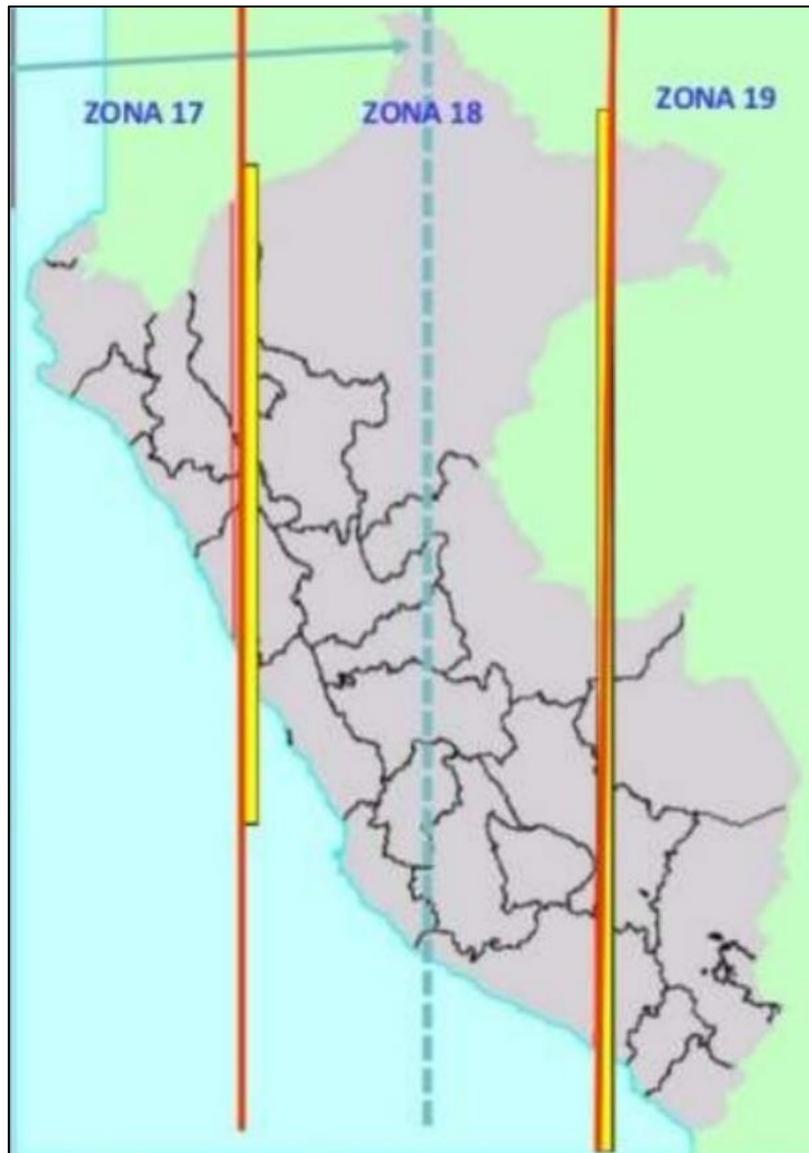


Figura 20. Zonas UTM para el Perú
Fuente: INGEMMET

(Ref. Ing. Ralfo Herrera Rosado, 2015, Geodesia Satelital, 1ra Edición, Lima Perú).

Geodesia.

La Geodesia (del griego geo = tierra, daiein = dividir) es una ciencia que tiene por finalidad la determinación de las formas, dimensiones y del campo gravitacional de la Tierra. Esta comprende un estudio de las operaciones para las mediciones en campo, también conocidos como levantamientos geodésicos. También se preocupa por la determinación del DATUM geodésico de un país o una región.

Los levantamientos geodésicos se basan en mediciones angulares y lineales, en mediciones gravimétricas y en mediciones procesadas a partir de informaciones emitidas por satélites artificiales. Entonces, debido por el tipo de medición, podemos clasificar a la Geodésia en tres áreas de estudio:

- *Geodesia geométrica.* La Geodesia Geométrica se preocupa en la determinación del tamaño y de la forma geométrica de la tierra, y por el posicionamiento preciso de los puntos sobre la superficie terrestre, los cuales son utilizados como puntos de apoyo para trabajos geodésicos y topográficos.
- *Geodesia especial.* La Geodesia Espacial engloba las técnicas de utilización de astros u objetos espaciales para la determinación de información geodésica sobre la superficie terrestre. A partir del conocimiento de posición de astros u objetos espaciales, tales como los satélites artificiales, es posible determinar la forma geométrica de la tierra y sus alteraciones a lo largo del tiempo, y también de permitir la localización precisa de puntos en la superficie terrestre o puntos próximos a ella.
- *Geodesia física.* La Geodesia Física utiliza mediciones y propiedades físicas de la gravedad terrestre para determinar la forma física de la tierra y, en combinación con las mediciones de arcos de la tierra, su tamaño.

(Ref. Irineu da Silva, Paulo C. Lima Segantine, 2015, Topografía para Engenharia, 1era Edición, Río de Janeiro)

Topografía.

Etimológicamente la palabra Topografía es de origen griego, proviene de “*topos*” que significa “*lugar*”, y “*graphein*” que significa “*describir*”. Es así, como el propio nombre lo indica, topografía significa la descripción de la representación gráfica de un lugar, o más genéricamente, de los elementos que lo componen. Por lo tanto, es la ciencia que estudia la representación y la descripción de las irregularidades de la superficie física terrestre a partir de

técnicas y métodos topográficos, utilizando instrumentos o equipamientos topográficos. A partir de estas técnicas y métodos, son generados diseños representativos de la superficie terrestre, los cuales se le da el nombre de “plantas topográficas”; las mediciones de la superficie terrestre, realizadas a partir de procesos topográficos, se le da el nombre de “levantamiento topográfico”; y los cálculos realizados en oficina para la determinación de coordenadas de los puntos medidos, se le da el nombre de “cálculos topométricos”.

El concepto principal de la medición topográfica, es saber que siempre se basa en puntos establecidos por el Sistema Geodésico Nacional de un país para generar datos a detalle, por ejemplo, una obra de ingeniería civil.

(Ref. Irineu da Silva, Paulo C. Lima Segantine, 2015, Topografía para Engenharia, 1era Edición, Río de Janeiro)

Cartografía.

De acuerdo a la definición establecida en 1966 por la Asociación Cartográfica Internacional, es el conjunto de estudios, observaciones científicas, artísticas y técnicas que, a partir de resultados de observaciones directas, se elabora cartas, mapas, planos, entre otros.

(Ref. Irineu da Silva, Paulo C. Lima Segantine, 2015, Topografía para Engenharia, 1era Edición, Río de Janeiro)

DATUM

La palabra datum es un término latino cuyo significado, para la Geomática, puede ser entendido como una referencia geométrica. También se usa en ingeniería para definir una referencia (como un punto, línea o una superficie), a partir del cual son determinadas las posiciones de los elementos geográficos de la superficie terrestre.

Para la Geodésia, en particular, un datum designa una referencia a partir de la cual son determinadas las posiciones de elementos geográficos de la superficie terrestre. Como referencia geodésica se debe entender al conjunto de información que define las formas o

tamaño de la tierra (superficie de referencia), además del origen y la orientación del sistema de coordenadas establecido para el posicionamiento de puntos en la superficie terrestre. A éste conjunto de información se da el nombre de *datum geodésico*.

Existen dos tipos de datum geodésico:

- *Datum Horizontal*. Es la referencia usada para determinar las posiciones planimétricas de puntos en la superficie terrestre. Se define por un par de coordenadas geodésicas (latitud y longitud), con una dirección y con parámetros definidos de un elipsoide de referencia.
- *Datum Vertical*. Es una referencia utilizada para determinar las altitudes ortométricas de los puntos.

Después de la determinación y aplicación de un datum geodésico de una región o país, se procede a la implementación de una red de puntos con coordenadas referenciadas a ese datum. A esa red de puntos se da el nombre de Sistema de Referencia Geodésico, Sistema Geodésico de Referencia o simplemente Sistema Geodésico. Para el establecimiento de un Sistema Geodésico de Referencia es necesario definir la superficie (forma geodésica de la tierra) sobre la cual un sistema será establecido.

(Ref. Irineu da Silva, Paulo C. Lima Segantine, 2015, Topografía para Engenharia, 1era Edición, Río de Janeiro)

Superficie topográfica o física (D_{top}).

Una superficie topográfica corresponde al relieve tal como es visto. Esta superficie es representada en los planos topográficos sobre la cual son desarrollados los proyectos de ingeniería. A pesar que es la superficie más importante para los trabajos topográficos, es demasiado irregular para ser adoptada como una superficie de referencia para la determinación de puntos geodésicos.

(Ref. Irineu da Silva, Paulo C. Lima Segantine, 2015, Topografía para Engenharia, 1era Edición, Río de Janeiro)

Superficie Geoidal.

Físicamente, un geoide es una superficie de nivel de campo gravitacional terrestre generada por la perpendicularidad de la vertical en cada punto de la superficie terrestre. Se puede entender como una superficie equipotencial coincidente con el nivel medio del mar, prolongado a través de los continentes. Esta forma, es debido a la variación de la distribución de las masas y de la rotación de la tierra, que genera una forma geométrica irregular sin definición matemática rigurosa. (ver Figura N° 21).

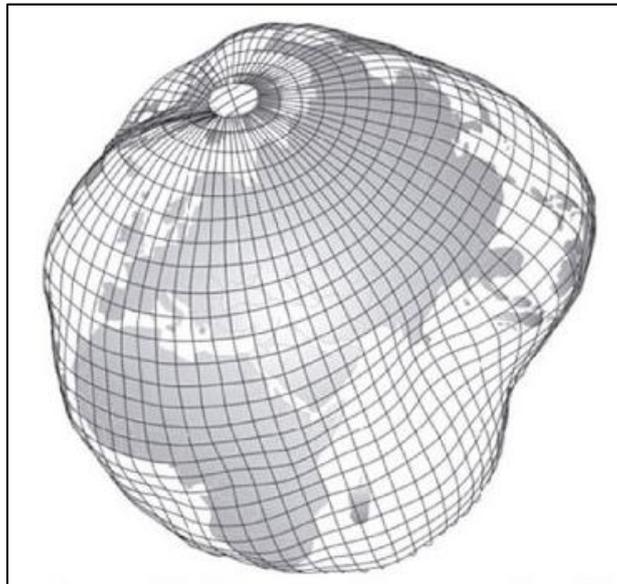


Figura 21. Forma geoidal de la tierra, imagen de la NASA 1990
Fuente: Curso Geodesia Satelital, Ing. Ralfo Herrera

(Ref. Ing. Ralfo Herrera Rosado, 2015, Geodesia Satelital, 1ra Edición, Lima Perú).

Superficie Elipsoidal (D_{elip}).

Para solucionar el problema de la indeterminación del geoide y la dificultad de utilizar la superficie topográfica como superficie de referencia planimétrica, los geodestas propusieron en el siglo XVII, la adopción de una superficie más simple, de forma matemática bien definida

y que sustituya adecuadamente a ambas superficies citadas. A ésta superficie se le da el nombre de elipsoide de revolución.

Un elipsoide es una superficie matemática obtenida a partir de la rotación de una elipse en torno de su semieje menor (b). Para la geodésia es una figura geométrica con dimensiones aproximadamente iguales a las dimensiones de la tierra, generalmente, definido con el fin de garantizar la mejor aproximación entre el elipsoide y el geoide para una determinada región. (ver Figura 22).

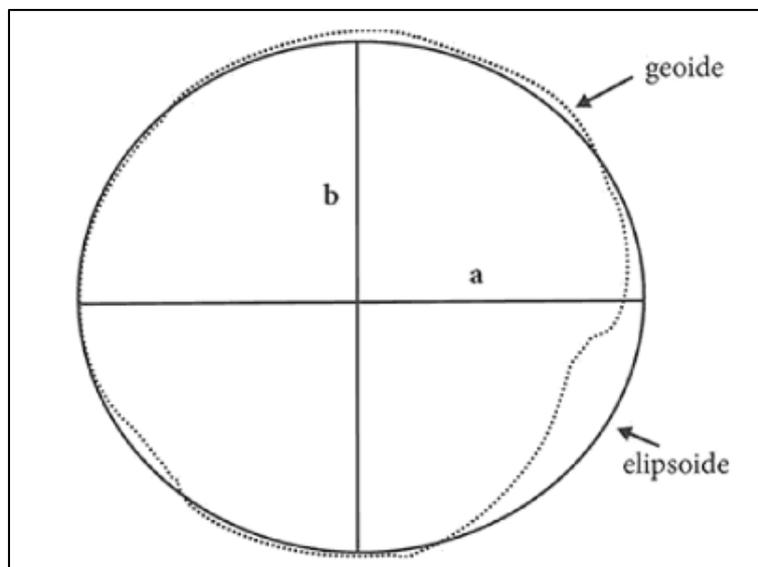


Figura 22. Comparación gráfica entre elipsoide y geoide
Fuente: Curso Geodesia Satelital, Ing. Ralfo Herrera

(Ref. Ing. Ralfo Herrera Rosado, 2015, Geodesia Satelital, 1ra Edición, Lima Perú).

SIRGAS

El Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas (SIRGAS), constituye al conjunto de procedimientos (prescripciones y convenciones) junto con el modelamiento requerido para definir el origen, la escala, la orientación y el tiempo de evolución de un Sistema de Referencia Terrestre convencional.

Provee el soporte necesario para el desarrollo y combinación de todo tipo de actividades prácticas y científicas relacionadas con la determinación precisa de coordenadas, navegación,

investigación en geociencias y aplicaciones multidisciplinares. En particular, SIRGAS se constituye en la capa fundamental de la infraestructura de datos espaciales en la región.

(Ref. <http://sirgas.org/>)

Sistema de coordenadas cartesianas espaciales.

La posición espacial de un punto puede ser determinado, en un sistema cartesiano, a partir de la adición de un tercer eje (Z) al plano del sistema de coordenadas cartesianas o a partir de la adición de un segundo ángulo con el plano de sistema de coordenadas polares. En el caso de las coordenadas cartesianas, el eje (Z) se añade perpendicularmente al plano establecido por el eje (X, Y). (ver Figura 23 y 24).

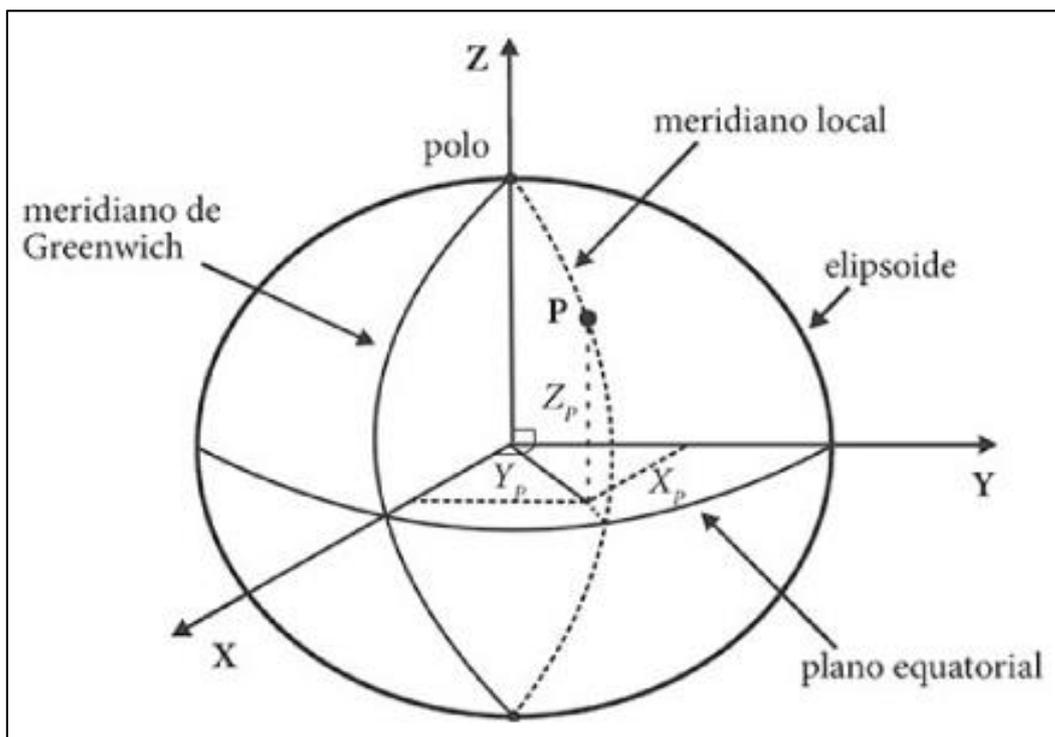


Figura 23. Sistema de coordenadas cartesianas geocéntrico
Fuente: Irineu da Silva

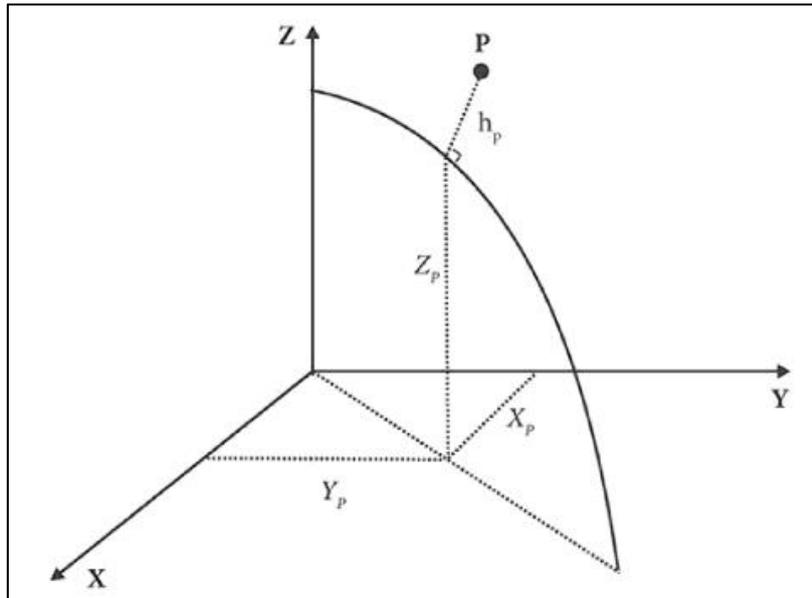


Figura 24. Sistema de Coordenadas cartesianas geocéntrico del punto “p”
Fuente: Irineu da Silva

(Ref. Irineu da Silva, Paulo C. Lima Segantine, 2015, Topografía para Engenharia, 1era Edición, Río de Janeiro)

Sistema de coordenadas geográficas geodésicas.

Se da el nombre de Coordenadas Geográficas a las coordenadas determinadas sobre una superficie esférica de referencia, la cual los puntos son posicionados en función de valores angulares de arcos medidos convenientemente en relación a esa superficie. Se da el nombre de Sistema de Coordenadas Geográficas Geodésicas a cuya superficie esférica de referencia es un elipsoide. (ver Figura 25).

Fundamentalmente, el Sistema de Coordenadas Geodésicas se basa en la rotación del eje (b) del elipsoide de referencia y el plano perpendicular a él, denominado genéricamente Plano del Ecuador. Tomando como referencia los dos polos generados por la intersección del eje de rotación con la superficie elipsoidal, son trazadas líneas sobre la superficie de referencia pasando por estos polos, las cuales son denominados meridianos (los meridianos generan superficies elípticas). Perpendicularmente a ellos, son trazados líneas paralelas al plano del

ecuador, los cuales son denominados paralelos (los paralelos generan círculos, cuyo círculo máximo es el plano ecuatorial).

En seguida, tomando un meridiano específico y un plano del ecuador como orígenes, se determinan arcos sobre la superficie de referencia los cuales se da el nombre de latitud y longitud geodésica.

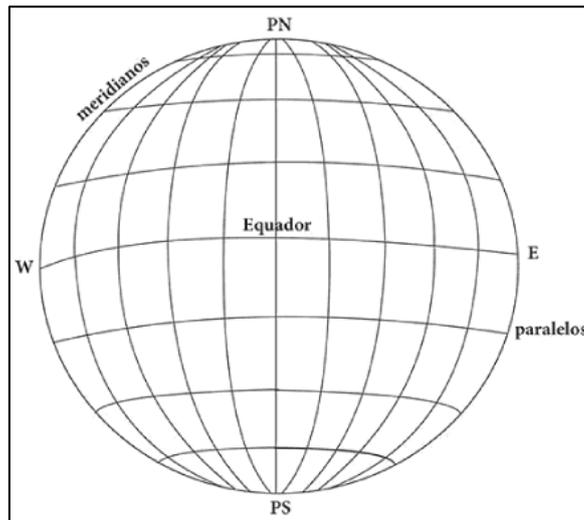


Figura 25. Ilustración de los meridianos y paralelos sobre el globo terrestre
Fuente: Irineu da Silva

(Ref. Irineu da Silva, Paulo C. Lima Segantine, 2015, Topografía para Engenharia, 1era Edición, Río de Janeiro)

Husos UTM.

El meridiano central de la proyección UTM se determina considerando a sus variaciones de 6° en 6° . El primer meridiano central posee una longitud geodésica igual a 177° . Para conocer el valor de la longitud del meridiano central de un punto conocido, basta conocer el valor del huso.

La relación huso/meridiano central, está dada por la siguiente ecuación:

$$Huso = \frac{183^\circ - MC}{6}$$

$$MC = 183^\circ - 6(Huso)$$

Siendo,

MC = Meridiano Central del Huso

(Ref. Irineu da Silva, Paulo C. Lima Segantine, 2015, Topografía para Engenharia, 1era Edición, Río de Janeiro)

Factor escala de altura (K_a).

Es aquel valor que permite proyectar la longitud medida entre dos puntos de la superficie terrestre, sobre el geode (teniendo la superficie esférica a nivel medio del mar). El valor del “ K_a ” se determina por la siguiente ecuación.

$$K_a = 1 - \frac{H_p}{R_0 + H_p} \quad \dots \text{ecuación (1)}$$

También:

$$D_{elip} = K_a \cdot D_{top} \quad \dots \text{ecuación (2)}$$

Donde:

H_p : Altitud ortométrica del punto “ p ”.

φ : Latitud geodésica.

R_0 : Radio de curvatura medio en el punto “ p ”; $R_0 = \sqrt{M \cdot N}$

M : Radio de curvatura de la sección meridiana.

$$M = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2(\sin^2 \varphi))^{3/2}} \quad \dots \text{ecuación (3)}$$

N : Radio de curvatura de la vertical principal.

$$N = \frac{a}{(1 - e^2(\sin^2 \varphi))^{1/2}} \quad \dots \text{ecuación (4)}$$

e^2 : Primera excentricidad cuadrática.

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

Desarrollando (3) y (4) en (1)

$$K_a = 1 - \frac{H_p}{H_p + \sqrt{\left(\frac{a(1-e^2)}{(1-e^2(\sin^2 \varphi))^{3/2}}\right) \left(\frac{a}{(1-e^2(\sin^2 \varphi))^{1/2}}\right)}}$$

$K_a = 1 - \frac{H_p}{H_p + \sqrt{\left(\frac{a^2(1-e^2)}{(1-e^2(\sin^2 \varphi))^{3/4}}\right)}}$... ecuación (5)
--	------------------

(Ref. Irineu da Silva, Paulo C. Lima Segantine, 2015, Topografía para Engenharia, 1era Edición, Río de Janeiro)

Factor Escala de Proyección o UTM (Kutm).

Es aquel valor que permite proyectar la longitud medida entre dos puntos en el elipsoide de referencia sobre el plano cartográfico UTM.

El valor de éste factor puede ser calculado, rigurosamente, por la siguiente ecuación:

$$K_{utm} = K_0(1 + (XVIII)q^2 + 0.00003q^4) \quad \dots \text{ecuación (6)}$$

También:

$$D_{utm} = K_{utm} \cdot D_{elip} \quad \dots \text{ecuación (7)}$$

Donde:

$$K_0 = 0.9996 \text{ (factor de escala en el MC)}$$

$$q = 0.000001E' \quad \dots \text{ecuación (8)}$$

$$E' = E_p - 500,000 \text{ (cuando el punto "p" está situado al Este del MC)}$$

$$E' = 500,000 - E_p \text{ (cuando el punto "p" está situado al Oeste del MC)}$$

$$XVIII = \frac{(1 + e'^2 (\cos^2 \varphi))10^{12}}{2N^2K_0^2} \quad \dots \text{ecuación (9)}$$

N: Radio de curvatura de la vertical principal.

$$N = \frac{a}{(1 - e^2(\sin^2 \varphi))^{1/2}}$$

e^2 : Primera excentricidad cuadrática.

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

e'^2 : Segunda excentricidad cuadrática.

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$$

Desarrollando (8) y (9) en (6).

$$K_{utm} = K_0 \left(1 + \left(\frac{(1 + e'^2 (\cos^2 \varphi)) 10^{12}}{2N^2 K_0^2} \right) (0.000001E')^2 + 0.00003(0.000001E')^4 \right)$$

... ecuación (10)

(Ref. Irineu da Silva, Paulo C. Lima Segantine, 2015, Topografía para Engenharia, 1era Edición, Río de Janeiro)

Factor Escala Combinado (K).

Es el producto proveniente entre el factor escala de altura y el factor escala UTM.

$$K = K_a \cdot K_{utm} \quad \dots \text{ecuación (11)}$$

También de (2) y (7), se muestra que:

$$D_{utm} = K \cdot D_{top} \quad \dots \text{ecuación (12)}$$

(Ref. Irineu da Silva, Paulo C. Lima Segantine, 2015, Topografía para Engenharia, 1era Edición, Río de Janeiro)

Receptor GNSS.

Equipamiento geodésico que capta información satelital proveniente de alguna constelación de satélites que transmiten longitudes de onda (señales) utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del de la superficie terrestre.

Para el desarrollo de la etapa de georreferenciación de puntos geodésicos se utilizaron equipos receptores marca Trimble R7 GNSS. (ver Figura 26).

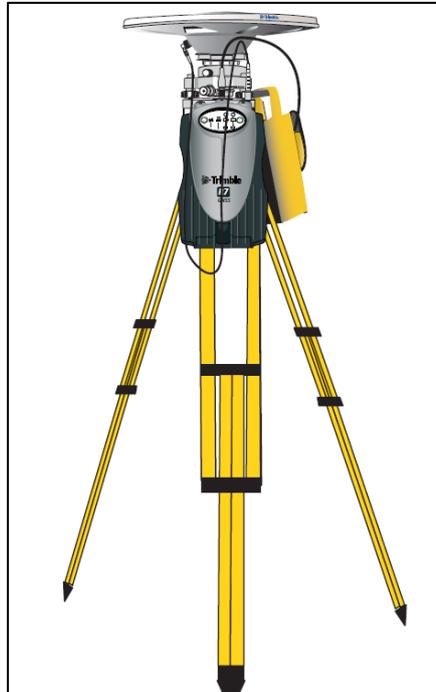


Figura 26. Equipo receptor trimble R7 GNSS
Fuente: Guía de usuario Trimble R7 GNSS, TRIMBLE

Especificaciones Técnicas:

- Chip GPS topográfico personalizado Maxwell avanzado.
- Correlador múltiple de alta precisión para medidas de pseudo distancia de L1 y L2
- Medidas de fase portadora de L1 y L2 de muy bajo ruido con precisión <1mm en un ancho de banda de 1 Hz
- Código C/A de L1 con 24 canales, ciclo de fase portadora completo de L1/L2, L2C8 compatible con WAAS/EGNOS.
- Precisión horizontal: $\pm 5 \text{ mm} + 0.5 \text{ pmm RMS}$
- Precisión horizontal: $\pm 5 \text{ mm} + 1 \text{ pmm RMS}$

- Panel frontal para controlar la alimentación, el registro de datos, el format de tarjetas Compact Flash, las efemérides y la eliminación de archivos de aplicación y restauración de los controladores por defecto.
- Indicadores LED para el rastreo de datos y control de la fuente de alimentación. (*ver Figura 27*)
- Batería litio-ión con duración de 4 horas continuas de lectura.

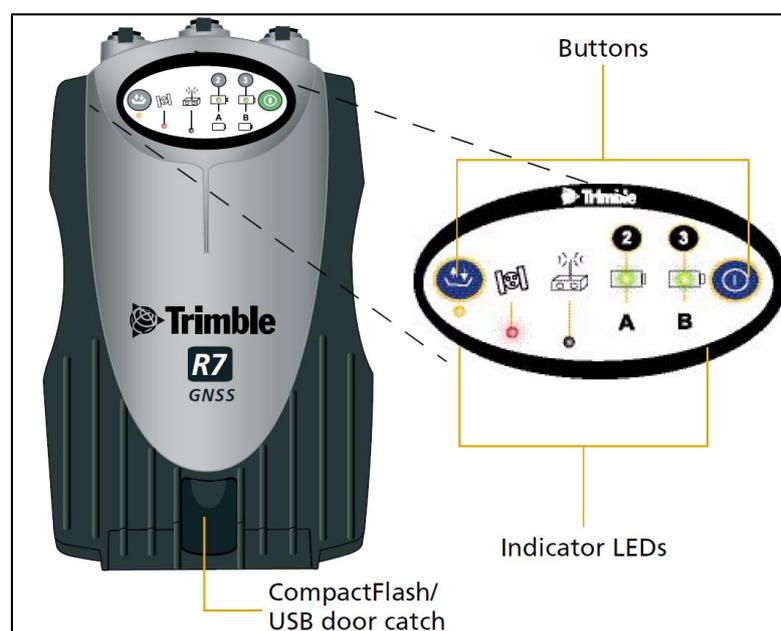


Figura 27. Panel frontal del receptor trimble R7 GNSS
Fuente: Guía de usuario Trimble R7 GNSS, TRIMBLE)

Estación Total.

Es un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador electrónico (*ver Figura 28*).



Figura 28. Estación total topcon
Fuente: <http://www.geincor.com/>

Especificaciones Técnicas:

- Precisión angular: 5"
- Método de lectura: Absoluto
- Compensación: Doble eje
- Aumento de lente: 30X
- Campo visual: 1° 30' (26m/1,000m)
- Precisión de medida con prisma: (2 + 2 ppm x D) mm
- Tiempo de medición Fino: 0.3 segundos
- Tiempo de medición grueso 0.9 segundos
- Tipo de pantalla: Monocromático - LCD
- Tipo de teclado: Alfa numérico
- Almacenamiento de puntos: 10,000 puntos
- Tipo de batería: Recargable Li-ion
- Peso incluido la batería: 5.6 kg.
- Plomada láser: Si

2.1.3 Marco Legal

- Mediante Resolución Jefatural N° 089-2011-IGN/JEF/OGA, se crea la norma técnica Especializaciones Técnicas para la Producción de Cartografía Básica. Escala 1/1000.
- Mediante Ley N° 28294, del 21/07/2004, se crea el Sistema Nacional Integrado de Catastro y su vinculación con el registro de predios.
- Mediante Decreto Supremo N° 005-2006-JUS, del 10/02/2006, se aprueba el reglamento de la Ley 28294.
- Mediante Resolución Jefatural N° 079-2006-IGN/OAJ/DGC, del 01/03/2006, se establece el Sistema Geodésico Oficial conformado por la Red Geodésica Horizontal Oficial y la Red Geodésica Vertical Oficial, como sistema de referencia único a nivel nacional.
- Mediante Resolución Jefatural N° 112-2006-IGN/OAJ/DGC/J, del 16/05/2006, queda establecido como Sistema de Proyección Cartográfico para la República del Perú el Sistema Universal Transversa de Mercator.
- Mediante Resolución Jefatural N° 086-2011-IGN/OAJ/DGC, del 03/05/2011, que modifica la Resolución Jefatural N° 079-2006-IGN/OAJ/DGC. Constitúyase como Red Geodésica Horizontal a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN), la misma que tiene como base el Sistema de Referencia Geocéntrica para las Américas (SIRGAS) sustentado en el Marco Internacional de Referencia Terrestre 2000 y el Elipsoide de referencia es el World Geodetic System 1984 (WGS84).
- Mediante Resolución N° 04-2012-SNCP/CNC, del 26/12/2012, aprueban los Manuales de Levantamiento Catastral Urbano, Levantamiento Catastral Rural, Protocolo de Actuación en el Levantamiento Catastral, Mantenimiento Catastral, Actualización Catastral y Estándares Cartográficos Aplicados al Catastro, que deben cumplir las entidades generadoras de catastro del Perú.

- Mediante Resolución N° 069-2016/SBN, del 14/09/2016, aprueban la Directiva N° 006-2016/SBN denominada Lineamientos para el Levantamiento Catastral de Bienes Inmuebles Estatales.
- Mediante Resolución Jefatural N° 139-2015/IGN/UCCN, del 28/12/2015, aprueban la Norma Técnica para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global.

2.1.4 Marco Institucional

Tabla 2. Instituciones Generadoras de Cartografía

Institución	Funciones Cartográficas
El Instituto Geográfico Nacional (IGN) de Perú	Ente rector de la cartografía nacional, planea, dirige, ejecuta y controla las actividades relacionadas con la geomática, manteniendo actualizada la base de datos geospaciales; en concordancia con la infraestructura de datos espaciales del Perú; a fin de mantener permanentemente actualizada la cartografía básica oficial del país.
Municipalidades distritales	Los gobiernos locales gozan de autonomía política, económica y administrativa en los asuntos de su competencia. El área de Sub Gerencia de Planeamiento Urbano y Catastro es el encargado de elaborar y mantener actualizado el catastro urbano.
Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial (SNCP)	Como su nombre lo indica es un Sistema creado para la integración de la información catastral predial a nivel nacional. Dentro de sus funciones del SNCP está la regulación de los estándares Cartográficos aplicados al catastro.
Organismo de Formalización de Propiedad Informal (COFOPRI)	Que mediante la Subdirección de Geodesia y Topografía, tiene dentro de sus competencias la generación de cartografía básica con fines de catastro urbano.

Elaboración: Elaboración Propia

III. Método

3.1 Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación según Hernández Sampieri (Metodología de la Investigación) es de tipo cuantitativo, porque los resultados se detallarán siguiendo un orden secuencial y probatorio, con un alcance explicativo porque determinaremos la compatibilidad a partir de cálculos matemáticos (factor de escala) y procesamientos digitales (Ortofoto, Restitución, etc.).

3.2 Ámbito Temporal y Espacial

3.2.1 Temporal

El estudio se refiere esencialmente al desarrollo de la fotogrametría, topográfico, científico y tecnológico derivado de la generación de cartografía en el ámbito nacional como en el internacional desde el año 2005 hasta nuestros días.

3.2.2 Espacial

Localización

- Departamento: Lima
- Provincia: Lima
- Distrito: Chaclacayo
- Sector Catastral: 07

Ubicación geográfica

El sector catastral 07 se ubica aproximadamente entre las coordenadas UTM: P1 Este de 306 093m, Norte de 8 674 350m y P2 Este 308 695m, Norte 8 675 840m. (*ver Figura 29*).

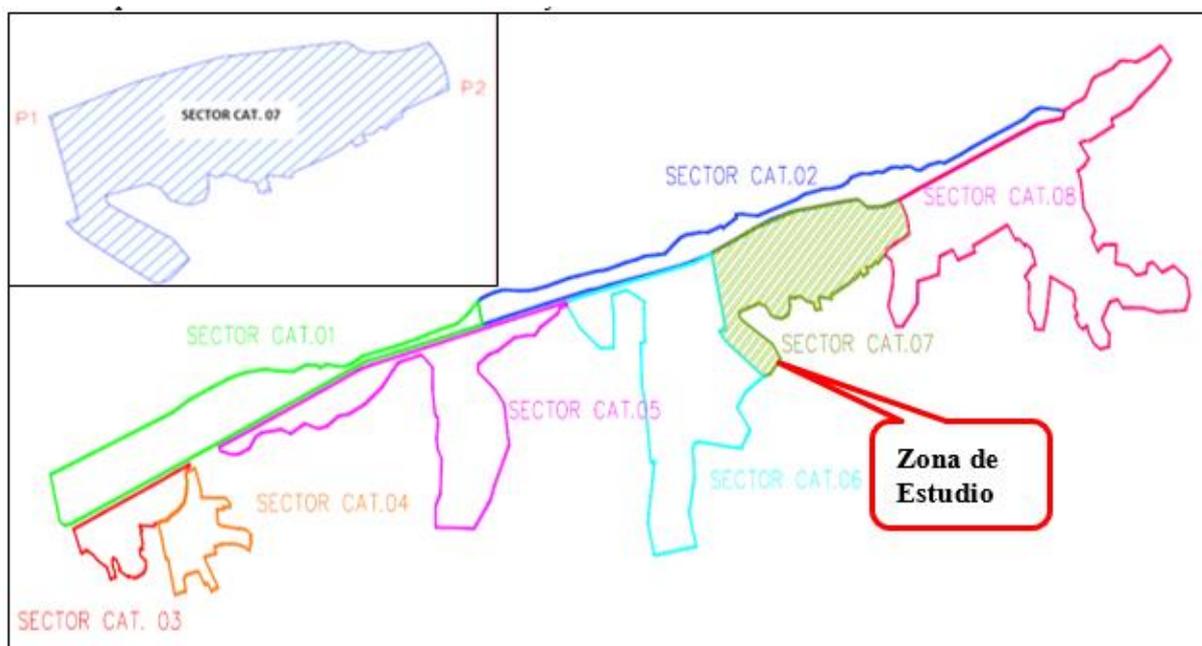


Figura 29. División por sectores del distrito de Chaclacayo
Fuente: Elaboración Propia

3.3 Variables

Tabla 3. Variables del proyecto

Variable		Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Dependiente	Independiente			
	Cartografía con fotogrametría	con Fotogrametría con dron	Ortofoto	Dron y GNSS.
Cartografía de precisión	Cartografía con levantamiento topográfico convencional	Levantamiento con convencional	Plano Topográfico	Estación total, GPS diferencial y software Trimble Business Center.
		Cartografía de Precisión	Cartografía a escalas	Estación de Restitución y software Autocad.

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

El ámbito de trabajo se localiza en el distrito de Chaclacayo que cubre un área aproximada de 4231.9 Ha y se divide en 08 sectores catastrales. (ver Figura 30)

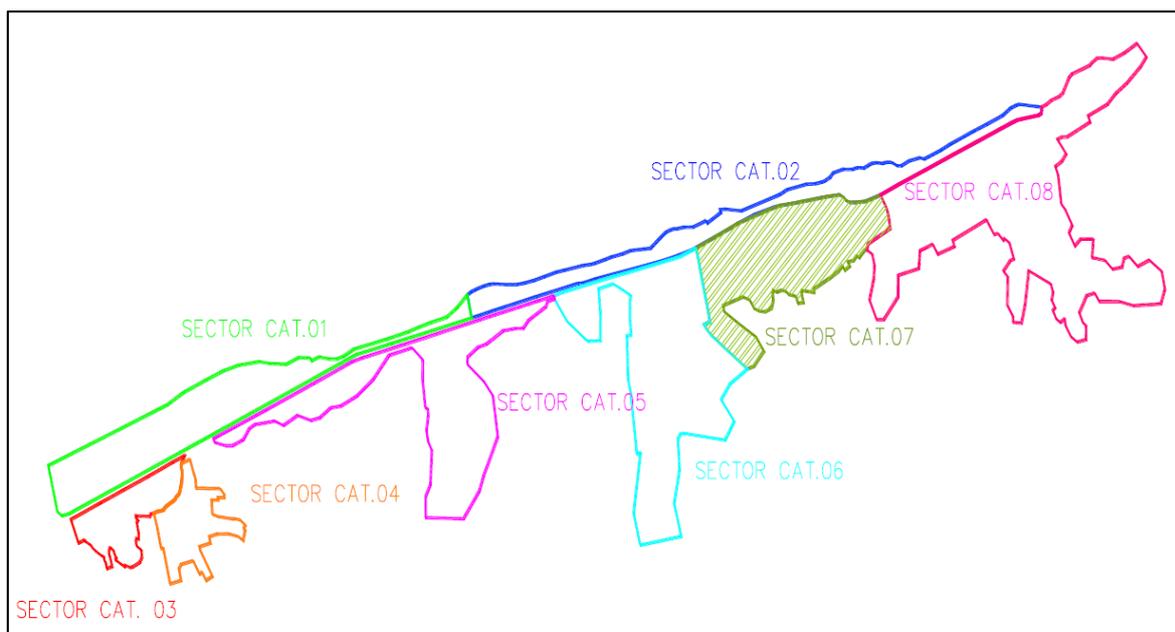


Figura 30. Sector 07 de Chaclacayo
Fuente: Elaboración Propia

3.1.6 Muestra

El objeto de estudio está ubicado en el sector catastral N° 07 abarca una extensión de 120 Ha aproximadamente, una altitud media de 647 msnm, 79 manzanas. Se seleccionó dicho ámbito de estudio para el desarrollo del presente trabajo de investigación, porque se cuenta con información a detalle que requiere ser investigada.

3.2 Instrumentos

Para la elaboración del presente trabajo de investigación, se utilizaron los siguientes instrumentos:

3.2.6 Para la etapa de campo.

Estos materiales y equipos servirán para el control terrestre de las fotos aéreas, para su posterior proceso de georreferenciación. (ver Figura 31).

- 01 dron (RPA) Marca: DJI, Modelo: inspire 1 V2 y accesorios.



Figura 31. Inspire 1 V2 y accesorios
Fuente: www.DJI.com

- ½ kilo de clavos de cemento
- 08 marcas de madera. (ver Figura 32).



Figura 32. Marca de madera sobre césped
Fuente: Elaboración Propia

- 03 (tres) Receptor TRIMBLE R7 GNSS y accesorios. (ver Figura 33).



Figura 33. Receptor TRINBLE R7GNSS
Fuente: Elaboración Propia

- 02 (dos) Estación Total TOPCON modelo ES-105. (ver Figura 34).



Figura 34. Estación total TOPCON modelo ES-105
Fuente: Elaboración Propia

- 02 (cuatro) Cámaras fotográficas.

3.2.7 Para la etapa de gabinete

- Software de procesamiento de información fotogramétrica como: Agisoft, Erdas Imagine y Pix4D. (ver Figura 35).



Figura 35. Softwares utilizados para procesamiento de información Fotogramétrica: Lado Izquierdo software Erdas Imagen, centro software Pix4D y derecho software Agisoft
Fuente: Elaboración Propia

- Software de procesamiento de información geodésica, topográfica y alfanumérica, como: Trimble Survey Controller, Trimble Business Center 66otogra 3.50 (TBC), TopCon Link v.8, Auto Cad 2016, Google Earth y Microsoft Excel (ver Figura 36).
- 01 (un) Computador personal Laptop.

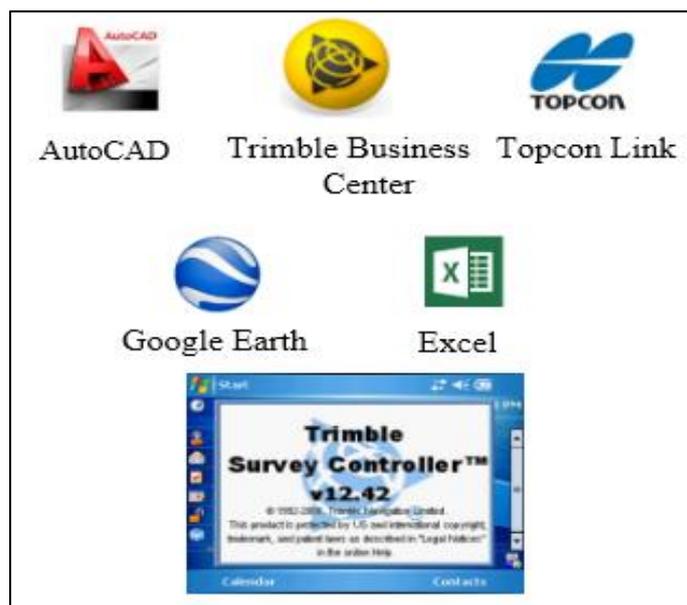


Figura 36. Software utilizado para procesamiento de información
Fuente: Elaboración Propia

3.3 Procedimientos

Se desarrollará en 3 etapas:

3.3.6 Etapa de procesamiento fotogramétrico

Fase preliminar

Delimitación del área de trabajo.

En ésta fase se delimita el área de influencia para la aplicación del análisis del factor de escala combinado, así como los puntos de control terrestre para las fotos aéreas.

El ámbito de estudio está definido por:

- Departamento : Lima
- Provincia : Lima
- Distrito : Chaclacayo
- Sectores Catastrales : N° 07
- Este : 306 093 m a 308 695 m
- Norte : 8 674 350 m a 8 675 840 m

Planeamiento de Vuelo

El planeamiento comprende la evaluación del área de estudio considerando aspectos físicos del terreno y del dron (RPA).

Distribución, Cantidad y Características de las marcas de apoyo fotogramétrico

Establecida el área de estudio, se prosigue a distribuir los puntos de apoyo según al factor de escala y el área de acción de estos, se determinan la cantidad de puntos y por último se establece el tipo de marca a utilizar.

Fase campo

Reconocimiento del terreno, evaluación del Dron (RPA) y calidad de los productos

En este punto se evaluó el nivel de consolidación urbana que tiene la zona de estudio, se localizó posibles zonas de despegue y retorno del dron (RPA), se realizaron vuelos de prueba

para determinar la altura de vuelo del proyecto y se verifico el correcto funcionamiento de los equipos.

Señalización de los puntos de apoyo fotogramétrico

Se determinó la ubicación definitiva de los puntos de apoyo y realiza el marcado de cada punto.

Ejecución del plan de vuelo

Se ejecuta el plan de vuelo que se estableció teniendo en cuenta un clima favorable que garantice la seguridad del dron.

Georreferenciación de los puntos de apoyo

Se realizó por métodos de geodesia satelital, mediante la aplicación de tecnologías del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS).

Fase gabinete

Procesamiento fotogramétrico

Se realizó gracias a las capturas de imágenes por parte del dron, estas imágenes son procesadas con software y hardware de alto rendimiento, obteniendo como producto la ortofoto que será utilizado como apoyo en la restitución fotogramétrica.

3.3.7 Etapa de levantamiento topográfico convencional

Fase preliminar

Determinación de la cantidad de puntos de control

Se determinó la cantidad de puntos de control usando cálculos matemáticos que luego utilizaremos en el levantamiento topográfico convencional.

Fase campo 1

Georreferenciación de los puntos de control.

Consistió en el establecimiento, monumentación y georreferenciación de los puntos de apoyo fotogramétrico y topográfico.

Fase gabinete 1

Procesamiento de información de los puntos georreferenciados

Se realizó por métodos de geodesia satelital, mediante la aplicación de tecnologías del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS). Se determinó con precisión las coordenadas y el factor de escala combinado de cada uno de los puntos de control, con apoyo de la red geodésica nacional (ING).

Análisis del comportamiento del factor de escala combinado promedio

Básicamente se determinó el factor de escala combinado promedio del área de estudio y el área de acción máximo de cada punto de control.

Fase campo 2

Aplicación del factor de escala combinado promedio en el levantamiento topográfico.

Consistió básicamente en el ingreso del factor de escala combinado promedio en la estación total para realizar el levantamiento topográfico de la zona de estudio.

Fase gabinete 2

Generación de información vectorial del levantamiento topográfico

Consistió en la descarga y/o transferencia de la información tomada en el levantamiento topográfico para su posterior edición, con el objetivo de generar el plano topográfico.

3.3.8 Etapa de compatibilidad y complementariedad

Fase gabinete

Evaluar la precisión de la compatibilidad

Se determinó la precisión y compatibilidad entre ambos procesos, el fotogramétrico y el levantamiento convencional, contemplando los estándares de calidad para este tipo de cartografía.

Restitución fotogramétrica a partir del levantamiento topográfico convencional

Consistió en la extracción de la información vectorial del modelo estereoscópico, teniendo como complemento el plano topográfico.

3.4 Análisis de Datos

Los datos obtenidos siguiendo los procedimientos de estándares de calidad tanto para el proceso fotogramétrico y el topográficos convencional, serán analizados de manera rigurosa para determinar su compatibilidad, es decir la aproximación entre ambos valores para posteriormente proceder a complementarlos

IV. Resultados

Para obtener la cartografía básica de precisión complementada, se va requerir previamente desarrollar por separado la fotogrametría a partir de las fotos tomadas por el dron teniendo como objetivo generar la ortofoto y la restitución, por otra parte, se realizará un levantamiento topográfico convencional (automatizado), contemplando el factor de escala combinado promedio y los puntos de control, teniendo como objetivo generar un plano topográfico.

Una vez se cuente con la ortofoto, la vectorización por parte de la restitución y el plano topográfico se procederá a precisar la compatibilidad entre ambos procesos para finalmente poder complementarlos, teniendo en cuenta los estándares de calidad para este tipo de cartografía.

4.1 Procesamiento Fotogramétrico con Dron (RPA)

4.1.1 Delimitación del área de trabajo

El ámbito de trabajo se localiza en el distrito de Chaclacayo que se divide en 08 sectores catastrales. Fue seleccionado para realizar los trabajos el sector número 07, el cual presenta un alto nivel de consolidación urbana. (*ver Figura 37*).

El ámbito de estudio está definido por:

- Departamento : Lima

- Provincia : Lima
- Distrito : Chaclacayo
- Sectores Catastrales : N° 07
- Punto 1 : Este 306 093 m, Norte 8 674 350 m
- Punto 2 : Este 308 695 m, Norte 8 675 840 m

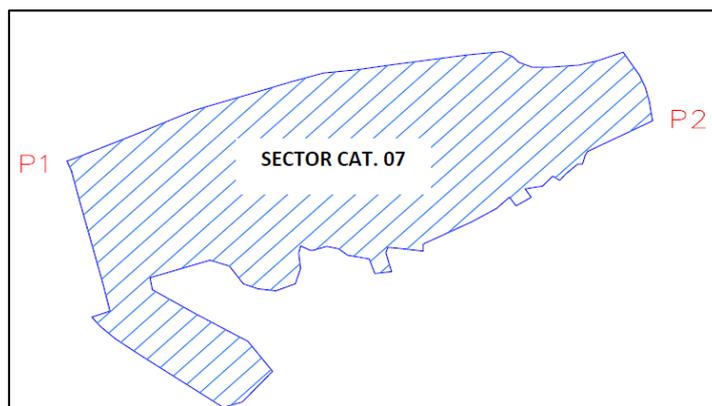


Figura 37. Sector N° 07 Chaclacayo
Fuente: Elaboración Propia

4.1.6 Planeamiento de vuelo

El planeamiento de vuelo comprendió la evaluación del área de investigación considerando aspectos físicos del terreno y del dron.

Delimitación del perímetro de vuelo

Se delimito en base al perímetro del sector 07, considerando que el perímetro de vuelo debe ser mayor que dicho sector para evitar deformaciones en los extremos de la imagen ortorectificada. (ver Figura 38).

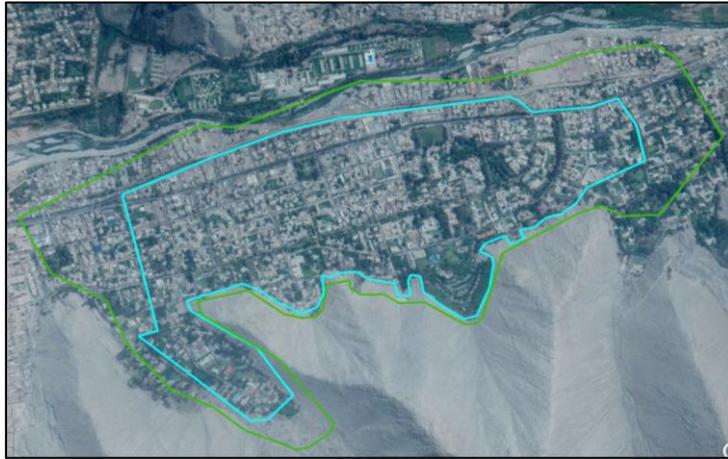


Figura 38. Perímetro de vuelo y perímetro catastral del sector 07
Fuente: COFOPRI-SGT

Planeamiento de vuelo:

Aquí se detalló los parámetros más resaltantes que un piloto de RPA (dron) debe ingresar a la Tablet, dicha información se trabajó en gabinete previa evaluación, que en nuestro caso fue realizada al hacer la verificación del equipo RPA y sus productos.

GSD (Ground Sample Distance)

Este valor de GSD lo definimos en gabinete de acuerdo a la exactitud que deseamos obtener siendo este nuestro parámetro principal para la elaboración del plano vectorial.

- Después de realizar las pruebas con el GSD de 3 cm/píxel a 80 metros de altura con respecto al suelo se observa un gran detalle de las construcciones, y la resolución espacial de la foto aérea permite tener una mayor exactitud en el trazo, (ver figura 39).

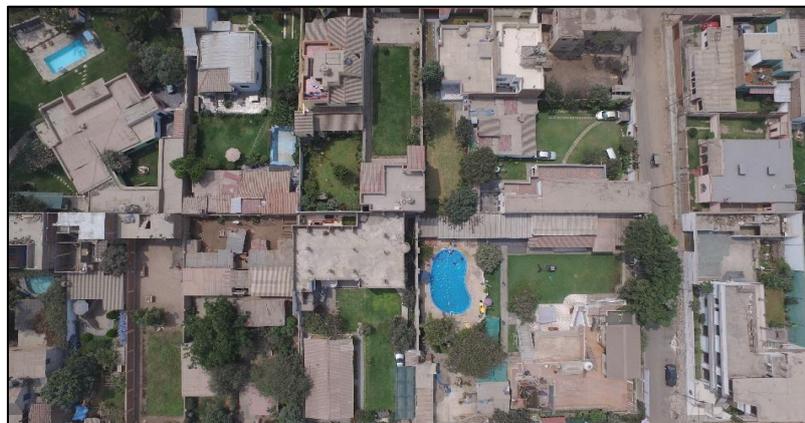


Figura 39. GSD de 3cm/píxel a 80m
Fuente: COFOPRI-SGT

- De acuerdo a las pruebas realizadas, se vio por conveniente ejecutar el vuelo del sector 07 del distrito de Chaclacayo a una altura aprox. De 80 metros, con lo cual se obtendría un GSD de 3 cm/pixeles, proporcionando mayor detalle y precisión en las construcciones y componentes urbanos, lo cual es información relevante para los trabajos de catastro. (ver Figura N° 40).

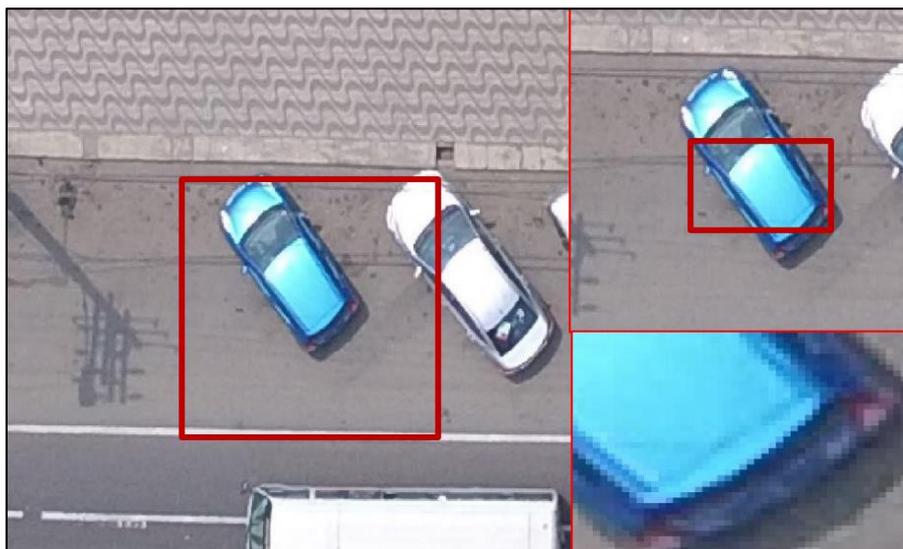


Figura 40. La elección del GSD del vuelo está estrechamente ligado a la precisión del proyecto, por ser un trabajo para fines catastrales se optó por un GSD de 3 cm/pixel
Fuente: COFOPRI-SGT

Traslape

En el proceso fotogramétrico para que la ortofoto no presenten deformaciones y falsas perspectivas se optó por usar un traslape longitudinal de 80 % y un traslape transversal de 75 %, esto favorece a la correlación de los puntos en común entre fotos.

Velocidad de vuelo

Preferiblemente debe ser menos a 9 m/s, este parámetro en algunos casos se regula por defecto por la aplicación del software.

Altura de vuelo

La altura de vuelo es de 80 m definido por el GSD.

Dirección o rumbo de las líneas de vuelo

Esta se definió gráficamente en la Tablet y su cantidad fue definida por el traslape del plan de vuelo y por la altura de vuelo.

Área

Debido a la limitante del tiempo de vuelo del dron y en aras de facilitar y salvaguardar la integridad del dron se dispuso a dividirlo en 4 bloques: (ver Figura 41).

- Bloque 1: Con una extensión de 60 ha.
- Bloque 2: Con una extensión de 50 ha.
- Bloque 3: Con una extensión de 55 ha.
- Bloque 4: Con una extensión de 15 ha.



Figura 41. Bloques o áreas de Vuelo
Fuente: COFOPRI-SGT

Tiempo de vuelo

Este dato es calculado por el software a modo de que el piloto calcule cuantas baterías podría usar en la ejecución de ese plan de vuelo.

El tipo de vuelo

Después de la ejecución del vuelo en modo de prueba se analizó las imágenes, para lo cual se elaboraron ortofotos que no poseen puntos de apoyo fotogramétrico, con la finalidad de

observar la ortogonalidad de dicha imagen, (*Figura 5-6*) en donde se aprecia ligeras inclinaciones en las edificaciones que poseen mayor altura, esta falsa perspectiva es producto de la poca altura de vuelo con respecto al suelo (80 m), siendo una limitante la resolución del pixel de la cámara, estas características en la ortofoto ya se habían analizado en experiencias anteriores con RPA, es por ello que se propuso realizar otro vuelo en modo de prueba de la misma área pero de modo cruzado o grillado (es un tipo de vuelo en ambas direcciones), en donde se observa que estas falsas perspectivas fueron corregidas dando como resultado una ortofoto completamente ortogonal (*ver Figura 42 al 45*), lo cual nos permitió tomar la decisión de ejecutar el vuelo de esa forma con el fin de tener un producto de calidad.

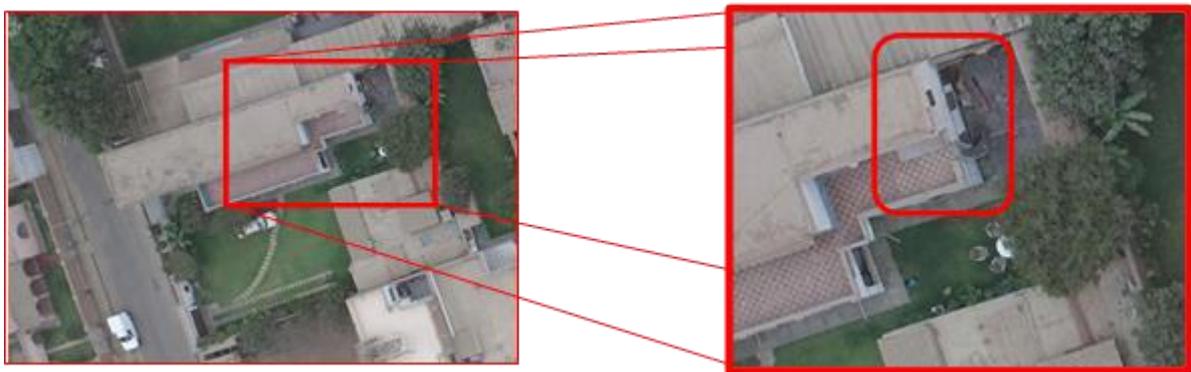


Figura 42. Ortofoto realizado con un vuelo normal (transversal o longitudinal)
Fuente: COFOPRI-SGT



Figura 43. Ortofoto realizada con vuelo cruzado (transversal y longitudinal)
Fuente: COFOPRI-SGT

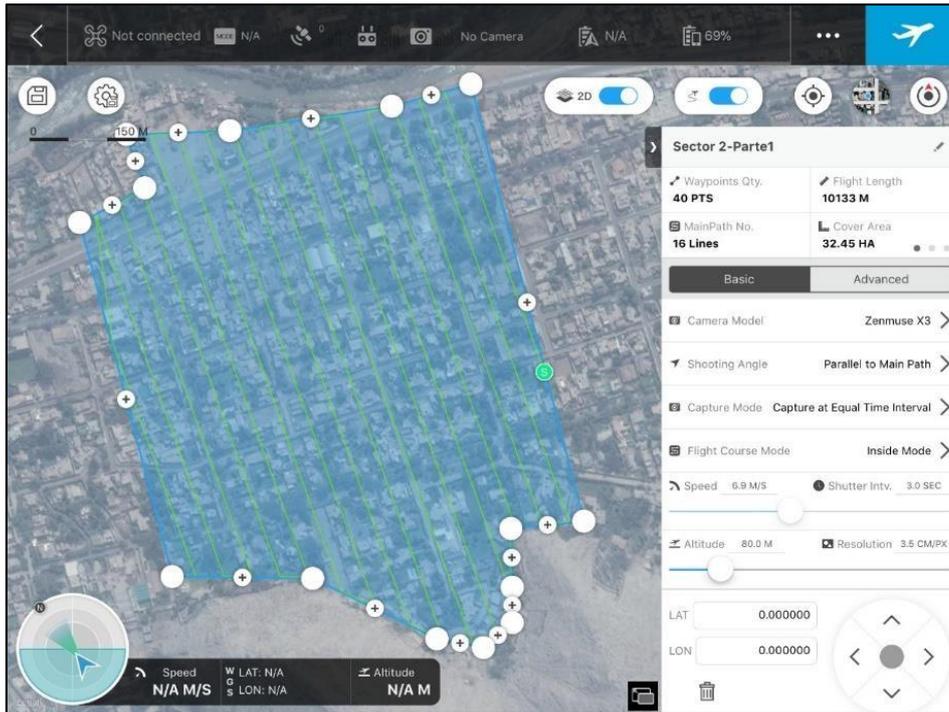


figura 44. Planeamiento del vuelo usando el software DJI GSPRO en sentido transversal
Fuente: COFOPRI-SGT

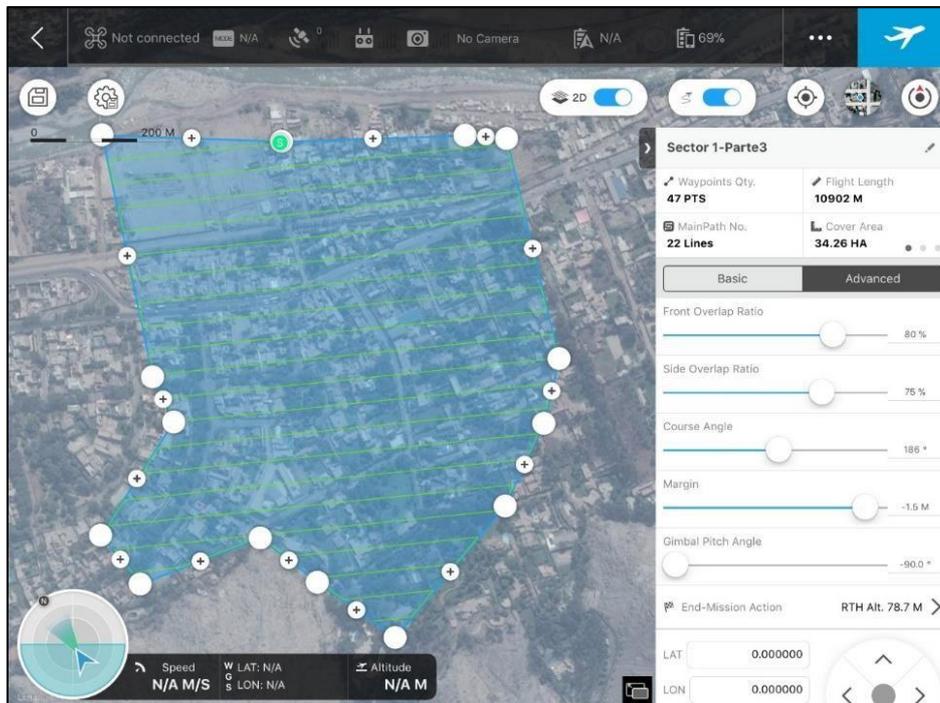


Figura 45. Planeamiento del vuelo usando el software DJI GSPRO en sentido longitudinal
Fuente: COFOPRI-SGT

4.1.7 Distribución, Cantidad y Características de las marcas de apoyo fotogramétrico

Se realizó en gabinete con ayuda del Google Earth.

Distribución

Los puntos de apoyo se situarán en el exterior y en el interior del sector catastral N°07 teniendo en cuenta que estén libres de obstáculos tanto desde la vista aérea como desde la superficie, los puntos del exterior abarcarán una superficie que exceda a la zona de trabajo, para garantizar la correcta extrapolación en toda la zona de trabajo, esta distribución de puntos de apoyo garantizará los resultados de precisión requeridos.

Cantidad

Evaluando lo ya mencionado se fijaron un total de 25 puntos de apoyo fotogramétrico para el sector 07 del distrito de Chaclacayo. (ver figura 46)



Figura 46. Distribución de los PAF en el Sector 07 del distrito de Chaclacayo
Fuente: Elaboración Propia

Los puntos establecidos para los levantamientos topográficos también se utilizaron como puntos de apoyo fotogramétrico.

Características

Se evaluará el tipo de material, el tamaño, la forma y el color de la marca.

Tipo de material

El tipo de marca utilizado en el proyecto es de madera, debido a que la zona de estudio se encuentra altamente urbanizada y la colocación de las marcas de madera sobre el asfalto es más conveniente que las marcas de plástico o concreto.

El tamaño

Se determinó según nuestro GSD establecido en el plan de vuelo (GSD 3cm/pixel) y el entorno de trabajo, se optó por 80 cm de lado por la facilidad de su traslado y su visibilidad (ver figura 47).

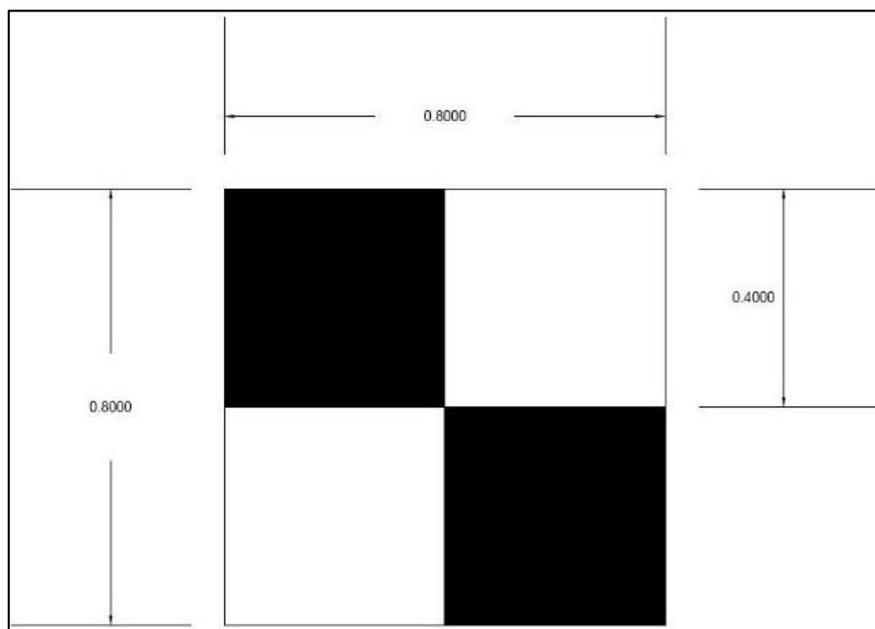


Figura 47. Diseño de la marca fotogramétrica
Fuente: COFOPRI-SGT

Forma y color de la marca

La forma será cuadrada y serán en colores blanco y negro que permitirán una adecuada foto identificación en los procesos fotogramétricos de gabinete. La siguiente imagen es de una marca vista en la ortofoto. (ver Figura 48).



Figura 48. Marca fotogramétrica en la ortofoto del Punto PFC09
Fuente: COFOPRI-SGT

4.1.8 Reconocimiento del terreno, evaluación del dron y calidad de los productos

En este punto se evaluó el nivel de consolidación urbana que tiene la zona de estudio, se localizó posibles zonas de despegue y retorno del dron y se realizaron vuelos de prueba para determinar la altura de vuelo del proyecto.

También se verificó el correcto funcionamiento del RPA (Dron), observando el óptimo funcionamiento de los rotores, la cámara, las hélices y demás, para su correcto desenvolvimiento en el proyecto. (ver Figura 49).



Figura 49. Inspección del RPA Inspire 1 V2 en el patio de la Biblioteca de Chaclacayo
Fuente: COFOPRI-SGT

Las características técnicas del dron son las siguientes:

- Marca: DJI
- Modelo: Inspire 1 V2
- Autonomía de vuelo: 20 min
- Megapíxeles de la cámara: 12 megapíxeles
- Distancia focal de 4mm
- Formato de imagen JPG. (ver Figura N° 50).



Figura 50. Dom DJI, Inspire 1 V2
Fuente: www.DJI.com

4.1.9 Señalización de los puntos de apoyo fotogramétrico

Ubicación definitiva en campo

La ubicación de los puntos se define en base al planeamiento. Se utilizó navegadores y un plano A0 impreso a colores para facilitar el acceso a los lugares de cada punto. Son espacios abiertos y libres de cobertura para facilitar la visibilidad en planta y la recepción de la señal satelital, condiciones que garantiza una correcta toma fotográfica aérea y georreferenciación. Verificando los puntos en campo, no se presentó problema alguno para seguir manteniendo los 25 puntos establecidos inicialmente.

Pre marcado

El pre marcado consistió en ubicar las marcas sobre los puntos definidos. Son 25 marcas las que se usaron, de las cuales 8 se fijaron como puntos de apoyo para el levantamiento topográfico convencional y el proceso fotogramétrico, las 17 marcas restantes solo se utilizaron para el proceso fotogramétrico. Para mayor firmeza en el terreno se pusieron clavos en los extremos de la marca, hasta culminar los vuelos y la georreferenciación. (ver Figura 51).



Figura 51. Marca de Madera asegurada con clavos
Fuente: COFOPRI-SGT

4.1.10 Ejecución del planeamiento

Se ejecuta lo realizado en gabinete siempre y cuando el tiempo atmosférico sea favorable y la seguridad del área a trabajar esté garantizada.

Para la ejecución del vuelo se debe tener un área de influencia en la cual el operador del equipo y el asistente, puedan realizar las maniobras de despegue y el descenso del equipo RPA (Dron).

Según planeamiento, el vuelo de los cuatro bloques se realizó durante cuatros días. Se utilizó el RPA Inspire 1 V2 y el software para control de vuelo, DJI GSPRO.

- El vuelo del primer bloque, se ejecutó durante el día planificado, cumpliéndose todas las actividades previstas.

- El vuelo del segundo bloque, se ejecutó durante dos días por inconvenientes del multicargador de baterías.
- El vuelo del tercer bloque, se ejecutó durante el día planificado, cumpliéndose todas las actividades previstas.
- El vuelo del cuarto bloque, se ejecutó durante el día planificado, cumpliéndose todas las actividades previstas.

Para la ejecución del vuelo se consideró los siguientes aspectos:

Condiciones climáticas

El tiempo atmosférico es un factor que puede impedir que se ejecute un planeamiento de vuelo, es por ello que se consultó las condiciones climáticas pronosticadas para cada día de vuelo, a fin de obtener información relevante como: velocidad de los vientos, de las lluvias y nubosidad. (ver Figura 52).

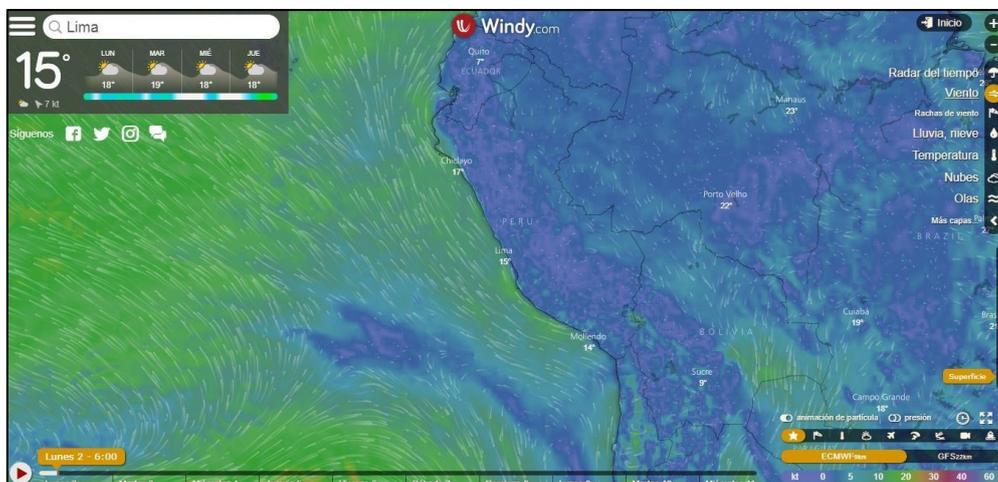


Figura 52. Se usó un portal web (Windy) de condiciones de tiempo
Fuente: COFOPRI-SGT

Autonomía de vuelo

El tiempo de vuelo por batería es de aproximadamente 20 minutos, se utilizó 4 baterías para garantizar 80 minutos de vuelo con recargas sucesivas e intervalos de descanso de 3 horas por periodo de recarga una vez acabada las 4 baterías.

Resumen de vuelo:

Tabla 4. Distribución de los vuelos por bloques

Vuelos	Área cubierta por el vuelo	Altitud
Primer bloque	63.076 ha	679-699 m.s.n.m.
Segundo bloque	56.83 ha	662-688 m.s.n.m.
Tercer bloque	60.13 ha	645-749 m.s.n.m.
Cuarto bloque	11.54 ha	675-726 m.s.n.m.

Fuente: COFOPRI-SGT

4.1.7 Georreferenciación de puntos de apoyo geodésicos

Este proceso lo veremos a detalle en la georreferenciación de puntos de apoyo para el levantamiento topográfico convencional-automatizado (método directo), debido a que ambas georreferenciaciones se realizaron en simultaneo y utilizando las mismas bases de apoyo.

4.1.8 Procesos fotogramétricos usando el dron (RPA)

En el proceso fotogramétrico se requirió como insumo las fotos aéreas del dron (RPA) requieren equipos con alto rendimiento y capacidad para procesar grandes cantidades de fotos, la cual fue procesada siguiendo una secuencia que optimice su orientación, precisión y textura de nuestro producto, para garantizar un insumo de calidad para el proceso de restitución fotogramétrica, se elaboró la siguiente secuencia de actividades para el procesamiento de datos:

- Orientación de fotos.
- Ingreso de puntos de apoyo fotogramétrico.
- Optimización del bloque.
- Generación de nube densa.
- Generación de malla.
- Generación de textura.
- Generación de modelo digital del terreno.
- Generación de ortofoto

- Reporte

Esta secuencia de trabajo permite mejorar resultados del ajuste. El proyecto del sector 07 del distrito de Chaclacayo contiene 5500 imágenes en formato (.jpg) que han sido almacenadas de manera ordenada.

El proceso fotogramétrico de ajuste de imágenes con los puntos de apoyo fotogramétrico se realizó en 4 bloques, el cual permite obtener bloques ajustados en un menor tiempo de procesamiento y con resultados acertados en precisión.

A continuación, se describirá los procesos realizados:

Orientación de fotos:

Es uno de los procesos iniciales después del ingreso de las fotos aéreas de gran importancia, consiste en la orientación de fotos aéreas usando la información interna de posición que nos brinda el gps navegador del equipo RPA (Dron) y en la búsqueda de puntos homólogos entre las fotos, esto está condicionado a la rigurosidad y calidad que desea obtener en el producto. (ver Figura 53)

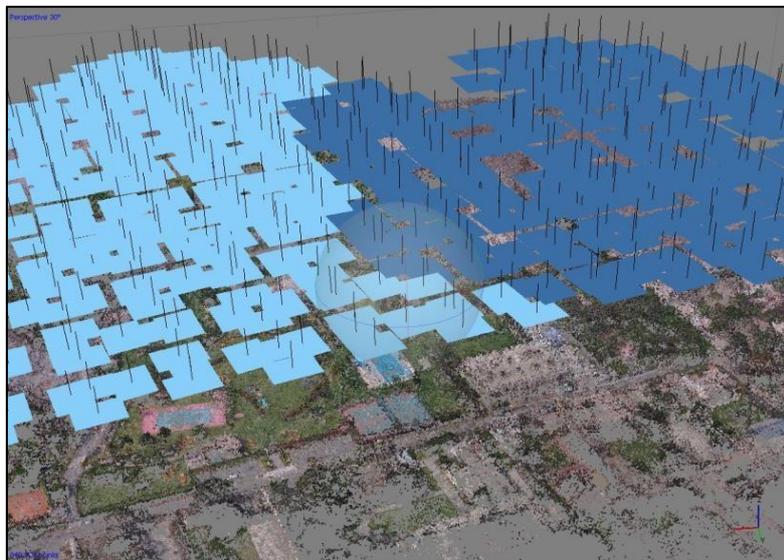


Figura 53. Fotos orientadas y generación de nube dispersa
Fuente: COFOPRI-SGT

Ingreso de puntos de apoyo fotogramétrico:

Después de obtener la información medida en campo, procesada y obtener un CDT (Cuadro de datos técnicos) se observa los puntos de apoyo fotogramétrico que interviene en cada bloque. (ver Figura 54)



Figura 54. Medición en campo del punto de apoyo fotogramétrico CHCL55.
Fuente: COFOPRI-SGT

Consiste en el ingreso de los puntos de apoyo fotogramétrico a su respectiva ubicación en cada foto aérea en el cual se repita el mismo punto que pertenece a un modelo fotogramétrico. La información de los puntos fue medida en campo con equipo geodésicos GNSS enlazada a la red geodésica nacional. (ver Figura 55).



Figura 55. Punto de apoyo fotogramétrico ubicada en diferentes imágenes
Fuente: COFOPRI-SGT

Optimización del bloque:

Consiste en la reubicación que hace el programa de cada foto después del ingreso de los valores medidos en campo obtenidos en el CDT, de esta manera el bloque fotogramétrico obtiene precisiones centimétricas. (ver Figura 56).

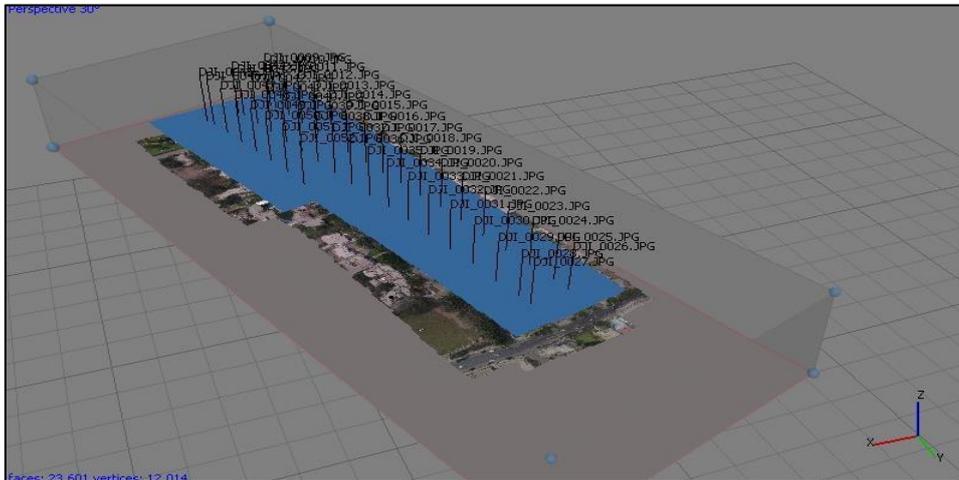


Figura 56. Reorientación de las fotos después de la optimización del ingreso de puntos de apoyo fotogramétrico.

Fuente: COFOPRI-SGT

Generación de la nube densa

Se crea una nube de puntos para reconstruir el modelo de una manera más o menos realista. Se crea una densa nube de puntos, pese a que no representa una malla ráster continua, se mostrará la nube de puntos en valores RGB, lo que permitirá apreciar con cierta nitidez la zona territorial. (ver Figura 57).



Figura 57. Imagen de lado derecho se observa un modelo tridimensional realista generado por la nube densa de puntos, lado izquierdo acercamiento a la nube de puntos, se aprecia un gran número de puntos que dan forma a las estructuras

Fuente: COFOPRI-SGT

Generación de la Malla

En esta fase se construirá diferentes modelos digitales de elevación con la finalidad de reconstruir el modelo usando una malla continua basada en resoluciones de píxel apropiados para el mosaico que podremos equiparar a la resolución de los ráster DEM derivados. (ver *Figura 58*).

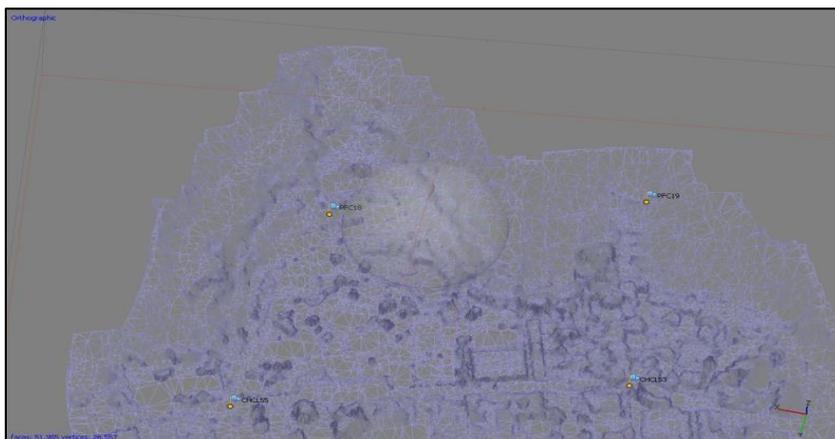


Figura 58. Es un insumo producto de la nube densa, en la cual se crea caras trianguladas entre puntos generando una malla.

Fuente: COFOPRI-SGT

Generación de textura

En este proceso se corrige y uniformiza las tonalidades para definir una textura única para la ortofoto de cada Bloque.

Generación de modelo digital del terreno

El modelo digital del terreno es generado usando como insumo la nube densa de puntos, el modelo digital del terreno es un insumo para la orto rectificación de las fotos aéreas y para la generación automática de curvas de nivel. (ver *Figura 59*).

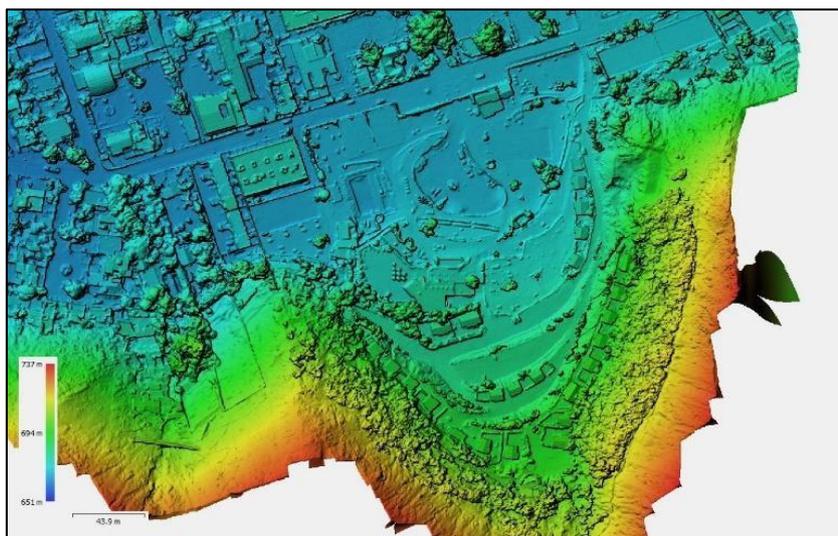


Figura 59. Modelo digital del terreno del bloque 4 del sector 7 del distrito Chaclacayo
Fuente: COFOPRI-SGT

Generación de Ortofotos

Es el producto corregido espacial y geoméricamente con una resolución promedio de todas las fotos aéreas.

En el caso del sector 07 de Chaclacayo se realizó un vuelo cruzado el cual nos permitió tener la cantidad necesarias de perspectivas del área a ortorectificar mejorando el producto.

Las ortofotos se realizaron una por cada bloque, es por eso que existe 4 ortofotos que no están unidas, para lo cual se realizó la unión de las 4 ortofotos de cada bloque para tener la ortofoto unificada del sector 07 del distrito de Chaclacayo. Para realizar la elaboración de líneas de corte que sirven para unir varias ortofotos con una sola tonalidad y características homogéneas, este proceso consiste en la adecuada elaboración de las líneas, las cuales son trazadas por áreas libres de construcciones que no comprometan un cambio brusco en la estética y geometría de la ortofoto. (ver Figura 60).



Figura 60. Elaboración de líneas de corte o costuras de la ortofoto del sector 07 de Chaclacayo
Fuente: COFOPRI-SGT

Después de elaborar las líneas de corte en un software gis de cada bloque (4 bloques) se prosigue a realizar la incorporación de atributos correspondientes de la imagen a las líneas de corte, esto con la finalidad de incorporar nuestras líneas de cortes al módulo Mosaic Pro de Erdas Imagine.

Esto posibilita una mejor estética del producto porque los cortes ya no son generados por el programa de modo automático que en algunos casos no son los más apropiados, este corte al ser realizados por un operador puede discernir de forma adecuada por donde realizar los trazos de manera que no genere cambios bruscos en la geometría de los componentes urbanos priorizando el trazado de líneas por el medio de vías o terrenos baldíos. (*ver Figura 61*).

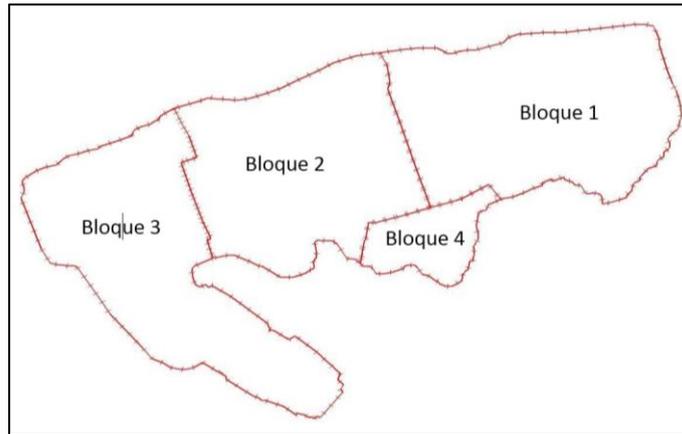


Figura 61. Líneas de corte del sector 07 para cada bloque
Fuente: COFOPRI-SGT

El proceso de unión de los 4 bloques se realizó en el módulo Mosaic Pro de Erdas Imagine el cual nos garantiza un adecuado balance de color, uniformidad del tamaño del pixel y la extensión en que se guardará la imagen. Cada bloque posee una zona de traslape la cual está unida entre ellas por los puntos de apoyo fotogramétrico, es por ello que el operador que realiza la línea de corte debe hacerlo por el medio de estas zonas de traslape tratando de hacer imperceptibles las zonas extremas de las ortofotos por poseer deformaciones. (*ver Figura 62*).



Figura 62. Ortofoto del sector 7 del distrito de Chaclacayo de 160 ha
Fuente: COFOPRI-SGT

Reporte

Es un informe emitido por el software después de realizar todos los procesos siendo uno de los más importantes el reporte de los puntos de apoyo fotogramétrico en el cuál informa los valores del ECM (error medio cuadrático). (ver Tabla 5 al 8).

Tabla 5. En el bloque 01 se usaron 10 puntos de apoyo el cual tiene un ECM de 3 cm

Nombre	Error X (m)	Error Y (m)	Error Z (m)	Total (m)	Imagen (pix)
PFC02	-0.00776577	0.00429594	-0.00476761	0.0100743	0.966 (34)
PFC03	0.00304177	0.0278445	-0.00703457	0.02888	0.654 (24)
PFC01	0.0309527	-0.0316157	0.0204358	0.0487364	0.800 (30)
PFC05	0.0142982	0.00425556	0.0135012	0.0201204	0.866 (57)
PFC07	-0.0359558	-0.0167644	0.000301331	0.0396731	1.122 (21)
PFC08	0.0123968	0.0149084	-0.00237101	0.0195337	0.505 (14)
PFC09	-0.0349973	0.00344299	-0.0442017	0.0564841	0.971 (38)
CHCL55	-0.0128717	-0.0154085	-0.00456887	0.0205907	0.661 (24)
CHCL52	0.00559198	-0.00265671	0.0174448	0.0185108	0.642 (15)
CHCL51	0.0273781	0.0112602	0.00868641	0.0308514	0.793 (20)
Total	0.0220225	0.0164252	0.0174134	0.0325269	0.848

Fuente: COFOPRI-SGT

Tabla 6. En el bloque 02 se usaron 11 puntos de apoyo el cual tiene un ECM de 4 cm

Nombre	Error X (cm)	Error Y (cm)	Error Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
PFC15	-2.26116	2.53418	1.51852	3.72033	0.994 (19)
CHCL48	-4.07945	-0.19325	-2.07398	4.58046	0.834 (32)
CHCL55	2.06029	1.0362	0.773236	2.43236	0.697 (20)
PFC10	-1.74547	-5.15416	1.28726	5.59188	0.814 (17)
PFC08	0.928772	-6.64548	1.79878	6.94699	0.510 (13)
CHCL52	1.40487	1.72314	-4.36638	4.89981	1.355 (25)
CHCL51	4.31434	-0.568132	0.359597	4.36642	1.126 (23)
CHCL47	-2.97487	-0.547159	-1.01283	3.18983	1.015 (38)
CHCL49	1.32906	0.49128	0.811074	1.63267	1.096 (28)
PFC13	1.3286	0.371141	-0.347748	1.42262	0.627 (22)
CHCL53	-0.302469	6.29073	0.772454	6.34519	1.169 (31)
Total	2.39258	3.32763	1.75016	4.45653	0.993

Fuente: COFOPRI-SGT

Tabla 7. En el bloque 03 se usaron 08 puntos de apoyo el cual tiene un ECM de 3 cm

Nombre	Error X (cm)	Error Y (cm)	Error Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
CHCL48	1.40296	2.67284	2.86445	4.16142	0.675 (51)
PFC10	-0.638937	-0.342852	0.880541	1.14068	0.738 (17)
PFC11	3.06995	1.16966	3.03135	4.4701	0.746 (44)
PFC12	-2.20418	-2.00067	-3.9148	4.918	0.798 (51)
PFC14	-0.167087	0.288956	-0.296093	0.446189	0.745 (51)
PFC17	0.424405	-2.06215	2.64201	3.37828	0.860 (37)
CHCL47	-1.23641	-0.91666	-3.8586	4.15424	0.986 (26)
PFC16	-0.642086	1.18728	-2.40542	2.75825	1.077 (18)
Total	1.53332	1.54993	2.76672	3.52251	0.805

Fuente: COFOPRI-SGT

Tabla 8. En el bloque 04 se usaron 04 puntos de apoyo el cual tiene un ECM de 3 cm

Nombre	Error X (cm)	Error Y (cm)	Error Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
PFC18	-3.81819	1.61404	-1.36505	4.36429	0.493 (45)
PFC19	-0.0689592	-2.60596	1.87405	3.21058	0.496 (14)
CHCL53	1.99341	0.0303278	-1.28885	2.37397	0.600 (67)
CHCL55	1.94064	0.984785	0.697243	2.28518	0.544 (28)
Total	2.36237	1.60988	1.37138	3.17067	0.551

Fuente: COFOPRI-SGT

Después de realizar los reportes para cada bloque que se triangulo emitió la información de los valores de ECM. (ver Tabla 9).

El error medio cuadrático de los 4 bloques es en promedio 3.59 cm usando puntos de apoyo fotogramétrico realizando un pre marcado antes de la ejecución del vuelo.

Tabla 9. Valores de ECM

<i>Bloque 1</i>	3.25 cm
<i>Bloque 2</i>	4.45 cm
<i>Bloque 3</i>	3.52 cm
<i>Bloque 4</i>	3.17 cm
Promedio	3.59 cm

Fuente: COFOPRI-SGT

Los tiempos de procesamiento siguiendo la secuencia de obtención de productos para los procesos de restitución varían dependiendo de la extensión de cada bloque.

Los tres primeros bloques poseen duraciones similares a diferencia del sector 04 que posee una menor extensión, a su vez este mayor tiempo de procesamiento es proporcional a la rigurosidad de los parámetros ingresados para cada secuencia.

La cantidad de imágenes a procesar también influyen en el tiempo de proceso, considerando que para una adecuada ortorectificación se usó imágenes provenientes de un vuelo cruzado.

Cada bloque fue iniciado y culminado en una estación fotogramétrica, por lo cual se usó 03 estaciones con el fin de reducir el tiempo de procesamiento.

Los procesos de líneas de corte o costuras no se consideran en este cuadro comparativo, ya que son procedimientos que se realizan con otro software, así como el balance de color y la unión de todos los bloques creados para el sector 07 del distrito de Chaclacayo.

Únicamente se está considerando los tiempos de procesamiento que se realiza con software especializados para procesamiento de fotos provenientes de un RPA. (*ver Tabla 10*).

Tabla 10. Cuadro de tiempos procesos fotogramétrico vs Bloque fotogramétrico

	Bloque 01 (63 ha)	Bloque 02 (56 ha)	Bloque 03 (60 ha)	Bloque 04 (12 ha)
Orientación	1 horas 50	1 horas 25	1 horas 46	30 min
Ingreso de puntos de apoyo al bloque fotogramétrico.	4 horas	5 horas	6 horas	1 hora
Optimización de nube densa	10 min	11 min	12 min	5 min
Generación de malla	1 hora	1 hora	1 hora	20 min
Generación de textura	1 hora 45 min	1 hora 25 min	1 hora 10 min	15 min
Generación del modelo digital del terreno	20 min	20 min	21 min	10 min
Generación de Ortofoto	20 min	21 min	22 min	10 min

Fuente: COFOPRI-SGT

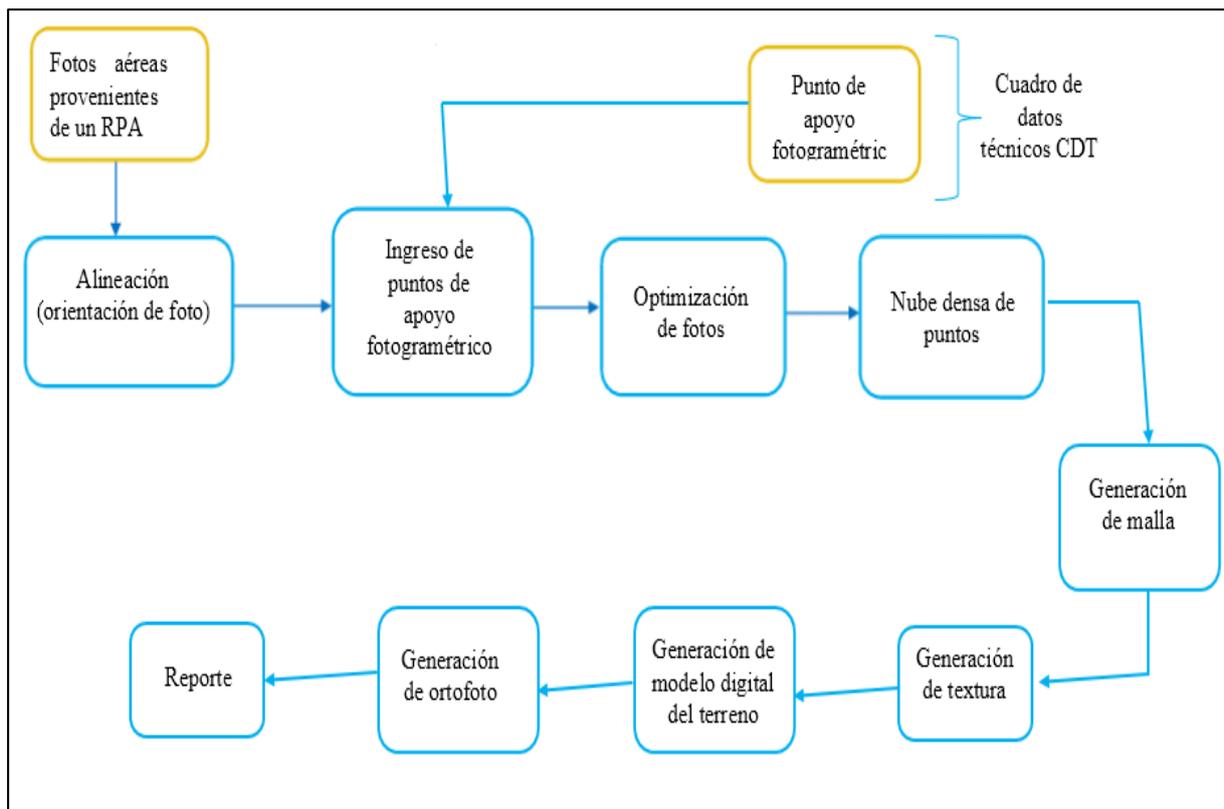


Figura 63. Flujograma de procesos fotogramétrico con RPAP
Fuente: Elaboración propia

4.2 Proceso Levantamiento Topográfico Convencional

4.2.1 Determinar la cantidad de puntos de control

En esta fase se va establecer la cantidad de puntos geodésicos que tendrá el levantamiento topográfico convencional-automatizado, para lo cual usaremos las ecuaciones n°5, 10 y 11.

Cabe precisar que los cálculos no servirán para la etapa de levantamiento.

Para los cálculos preliminares, se muestran las ecuaciones que se utilizarán:

Factor Escala de Altura: K_a

$$K_a = 1 - \frac{H_p}{H_p + \sqrt{\left(\frac{a^2(1-e^2)}{(1-e^2(\sin^2 \varphi))^{3/4}}\right)}}$$

Donde:

H_p = Altura ortométrica del punto, asumimos la altura del Google Earth.

φ = Latitud en radianes.

$a = 6378137$ m (Semieje mayor, parámetro del elipsoide WGS84)

$b = 6356752.31424518$ m (Semieje menor, parámetro del elipsoide WGS84)

e^2 : Primera excentricidad cuadrática.

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = \frac{(6378137)^2 - (6356752.31424518)^2}{(6378137)^2}$$

$$e^2 = 0.00669437999014112$$

Factor Escala de Proyección o UTM: K_{utm}

$$K_{utm} = K_0 \left(1 + \left(\frac{(1 + e'^2 (\cos^2 \varphi)) 10^{12}}{2N^2 K_0^2} \right) (0.000001E')^2 + 0.00003(0.000001E')^4 \right)$$

Donde:

e'^2 : Segunda excentricidad cuadrática.

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$$

$$e'^2 = \frac{(6378137)^2 - (6356752.31424518)^2}{(6356752.314245186378137)^2}$$

$$e'^2 = 0.00673949674227624$$

$$N = \frac{a}{(1 - e^2 (\sin^2 \varphi))^{1/2}}$$

$$N = \frac{6378137}{(1 - 0.00669437999014112 (\sin^2 (\frac{12.1624\pi}{180}))^{1/2}}$$

$$N = 6379084.8387$$

Factor de Escala Combinado: K

$$K = K_a \cdot K_{utm}$$

Antes de los cálculos mencionados, se debe utilizar como herramienta de apoyo al Google Earth, con la finalidad de obtener coordenadas para que sean reemplazadas en las ecuaciones mencionadas. Para esto, aproximamos y ubicamos una marca de posición en el centroide del sector catastral, obteniendo coordenadas x, y, z, como se muestran en la siguiente tabla. (ver *Tabla 11*).

Tabla 11. Coordenadas del centroide generadas desde Google Earth

Código	Sector Catastral	Coordenadas UTM (m)		Coordenadas Geodésicas (° ' ")		Elevación (m)
		Este	Norte	Latitud Sur	Longitud Oeste	
Punto 1	7	307404	8675329	11°58'38.62"	76°46'7.74"	666

Fuente: Elaboración propia



Figura 64. Coordenadas UTM del Punto 1 (centroide) - Sector Catastral N° 7
Fuente: Elaboración Propia

Entonces, reemplazamos dichos valores para obtener el valor del factor de escala combinado (*K*) aproximado para el sector catastral.

A continuación, se muestran los cálculos preliminares realizados, reemplazando los datos del “Punto 1” para el Sector Catastral N° 7:

Factor Escala de Altura:

$$K_a = 1 - \frac{H_p}{H_p + \sqrt{\left(\frac{a^2(1 - e^2)}{(1 - e^2(\sin^2 \varphi))^{3/4}}\right)}}$$

$$K_a = 1 - \frac{666}{666 + \sqrt{\left(\frac{6378137^2(1 - 0.00669437999014112)}{(1 - 0.00669437999014112(\sin^2 \frac{(11.978125)\pi}{180}))^{3/4}}\right)}}$$

$$\boxed{K_a = 0.9998952706976} \quad \dots (1)$$

Factor Escala de Proyección o UTM:

$$K_{utm} = K_0 \left(1 + \left(\frac{(1 + e'^2 (\cos^2 \varphi)) 10^{12}}{2N^2 K_0^2} \right) (0.000001E')^2 + 0.00003(0.000001E')^4 \right)$$

$$K_{utm}$$

$$= 0.9996 \left(1 \right.$$

$$+ \left(\frac{(1 + 0.00673949674228 (\cos^2 \frac{(11.978125)\pi}{180})) 10^{12}}{2(6379084.8387)^2 (0.9996)^2} \right) (0.000001(500,000$$

$$- 285266.39))^2 + 0.00003(0.000001(500,000 - 285266.39))^4 \left. \right)$$

$$\boxed{K_{utm} = 1.00005907860481} \quad \dots (2)$$

Factor de Escala Combinado: Multiplicando (1) x (2)

$$K = K_a \cdot K_{utm}$$

$$K = (0.9998952706976)(1.00005907860481)$$

$$\boxed{K = 0.99995434311518}$$

Como resultado de los cálculos, se obtuvo el valor aproximado del factor de escala combinado para el Sector Catastral N° 07, éste es $K=0.99995434311518$.

Luego, con los valores obtenidos, se calculó la diferencia entre la distancia UTM (D_{utm}) y distancia topográfica (D_{top}) para el sector catastral y así establecer la cantidad de puntos geodésicos a monumentar.

Para esta tarea, como dato conocido tenemos la distancia topográfica (D_{top}), ya que en campo sería el radio de influencia de cada punto geodésico durante la etapa del levantamiento topográfico.

Para efectos prácticos, iniciamos con una D_{top} igual a 1km \diamond 1000 metros para el Sector Catastral N° 07. Aplicamos la ecuación n° 12

$$D_{utm} = (K)(D_{top})$$

$$D_{utm} = (0.99995434311518)(1000)$$

$$D_{utm} = 999.95434311518 \text{ metros}$$

$$\boxed{D_{utm} = 999.954 \text{ metros}}$$

Esto quiere decir que, si la D_{top} de un punto geodésico en el Sector Catastral N° 07 es 1000 metros, entonces tendríamos una diferencia de 4.60 cm. con el D_{utm} . Se recomienda que, durante la etapa del levantamiento topográfico con fines de catastro urbano, el radio de influencia de cada punto geodésico no debe exceder los 5 cm.

Con esto el alcance de nuestra área de influencia para nuestra Dtop sería 1000 metros para cada punto geodésico respetando un valor no mayor a 5cm.

Se estimó radios (áreas de influencia) menores de 1000 metros con la finalidad de facilitar los trabajos de topografía toda vez que los puntos geodésicos tienen que ser visibles entre sí para su correcto uso en la etapa del levantamiento topográfico.

Se estimó 8 puntos geodésicos de orden “C” para los levantamientos topográficos en el sector catastral n°07 en el distrito de Chaclacayo. (ver Figura 65).



Figura 65. Ejemplo de radio de acción de 315 metros para un punto geodésico
Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Georreferenciación de los puntos de control

Consistió en el establecimiento y georreferenciación de los puntos de apoyo fotogramétrico y topográfico.

Para el establecimiento de puntos de apoyo fotogramétrico.

Para el proceso fotogramétrico se estimó 25 puntos de control en total de los cuales como ya se había estimado 8 servirán para ambos métodos y 17 sólo para el proceso fotogramétrico.

Se incrustó 17 estaca de fierro al ras del suelo para luego poder posicionar la marca de madera sobre la estaca, se fijaron con los clavos a los extremos de la marca de madera y se tuvo las siguientes consideraciones. (ver figura 66)

- Visibilidad total desde el cielo, evitando árboles, antenas de radio y todo cuanto dificulte la correcta toma de las fotos desde el ARP (dron).
- La línea de visibilidad entre los puntos geodésicos debe estar libres de campos electromagnéticos, como: cables de mediana o alta tensión, antenas de radio, antenas de celulares o internet, entre otros.



Figura 66. Puntos de control solo fotogramétrico
Fuente: Elaboración propia

Para el establecimiento y monumentación de puntos de apoyo para la topografía.

Consistió en la monumentación de hitos de concreto en el ámbito de trabajo, bajo las siguientes consideraciones:

- Radio de influencia máximo por punto geodésico: 1000 metros
- Separación máxima entre puntos geodésicos visibles: 2000 metro

También, para la monumentación se consideró lo siguiente:

- La ubicación de los puntos geodésicos, deben estar libres de obstrucciones en un campo visual a 360°, habiéndose evaluado las mejores condiciones.

- Los puntos geodésicos deben encontrarse en zonas elevadas, estables y/o seguras para garantizar su permanencia en el tiempo.
- La línea de visibilidad entre los puntos geodésicos debe estar libres de campos electromagnéticos, como: cables de mediana o alta tensión, antenas de radio, antenas de celulares o internet, entre otros.
- Se monumentó 8 hitos de concreto con incrustaciones de estacas de fierro corrugado, (ver figura 67).

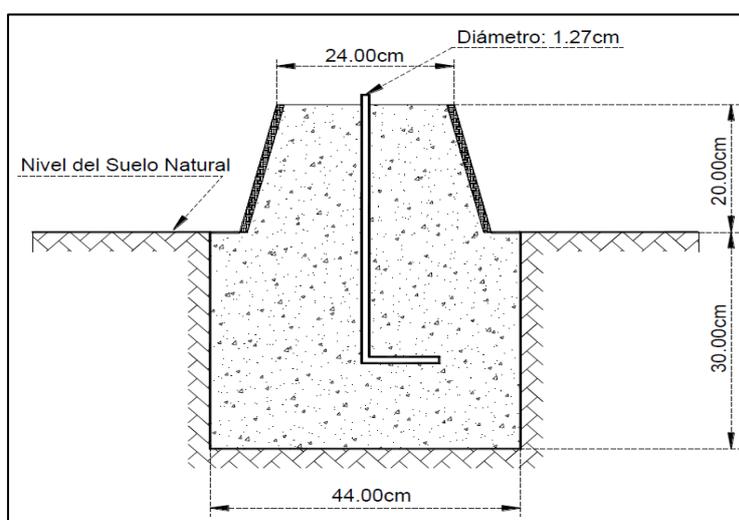


Figura 67. Sección transversal de una marca o hito geodésico.

Fuente: Manual de Normas y Especificaciones Técnicas para Levantamientos Topográficos de precisión, COFOPRI – SGT

- La inscripción de datos sobre el hito de concreto debe realizarse sobre el cemento fresco, con un objeto punzante de punta fina, no con pintura. Teniendo en cuenta lo siguiente: (ver Figura 68).
 - Nombre o código del hito de concreto.
 - Entidad responsable.
 - Fecha de establecimiento.

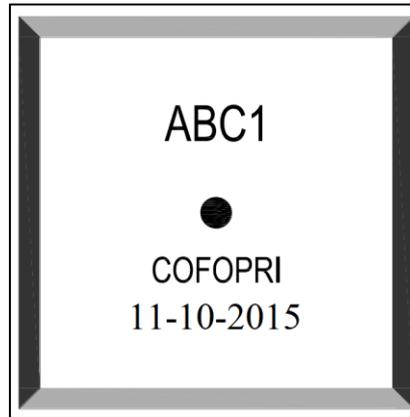


Figura 68. Modelo para la inscripción sobre el hito geodésico
Fuente: Manual de Normas y Especificaciones Técnicas para Levantamientos Topográficos de precisión, COFOPRI – SGT.

- Los hitos de concreto ubicados en zonas urbanas deben encontrarse monumentados al mismo nivel del suelo. (ver Figura 69).



Figura 69. Monumentación de puntos geodésicos
Fuente: COFOPRI-SGT

Para la georreferenciación de puntos geodésicos.

Consistió en la aplicación del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y del Sistema Global de Navegación Satelital (GLONASS), por métodos de geodesia satelital, partiendo de la Red Geodésica oficial para el Perú, bajo las siguientes consideraciones:

- El equipamiento utilizado para la georreferenciación de los puntos geodésicos fueron 03 Receptores TRIMBLE R7 GNSS y accesorios. Uno de ellos se instaló como Estación Base, mientras que los 02 restantes estuvieron como ROVER en campo.
- El Sistema de Referencia para la georreferenciación de los puntos geodésicos, es el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) sustentado en el Marco Internacional de Referencia Terrestre 2000 (ITRF2000) del Internacional Earth Rotation Service (IERS) para la época 2000.4, cuyos parámetros son:
 - Elipsoide WGS84 equivalente al elipsoide GRS80
 - Datum WGS84
 - Sistema de Coordenadas Geodésicas curvilíneas.
 - Sistema de Proyección Plana Universal Transversal Mercator - UTM (m).
 - Elevación: Nivel medio del mar - msnm (m).
 - Altura Elipsoidal - ASE (m).
- El enlace de los puntos geodésicos al marco geodésico oficial, fue mediante el siguiente procedimiento:
 - Se establecieron 2 estaciones Base CHCL y CHCL2 debidamente enlazado a la REGPMOC – Li04 Pucusana y a la REGPMOC – Li02 Ancón (*ver Figura 70 y 71*).

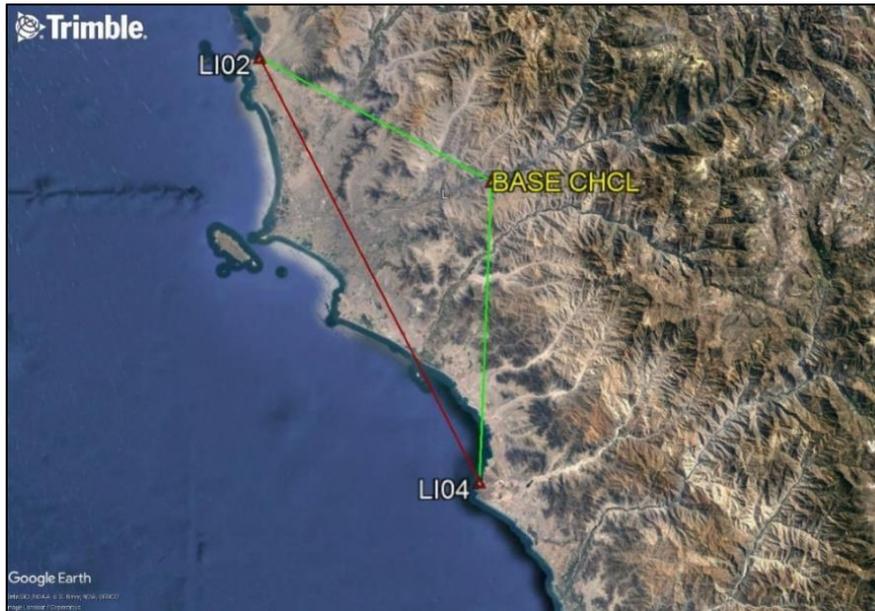


Figura 70. Base CHCL enlazada a la red geodésica nacional
Fuente: COFOPRI-SGT

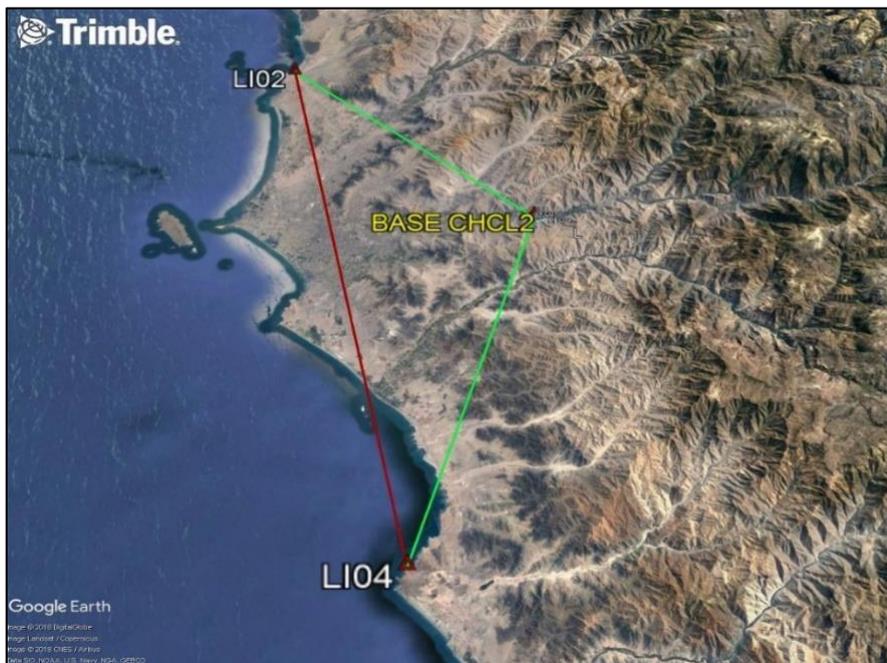


Figura 71. Base CHCL2 enlazada a la red geodésica nacional
Fuente: COFOPRI-SGT

- Finalmente, los 25 puntos geodésicos fueron georreferenciados y enlazados a las Estaciones Base. (ver Figura 72 y 73).



Figura 72. Estación Base CHCL enlazada a la REGPMOC
Fuente: Elaboración propia



Figura 73. Estación Base CHCL2 enlazada a la REGPMOC
Fuente: Elaboración Propia



Figura 74. Georreferenciación del punto de control geodésico PFC09 ubicado en la biblioteca central de la municipalidad de Chaclacayo
Fuente: Elaboración Propia

- La configuración de los receptores geodésicos para las sesiones de lectura GNSS, fueron las siguientes:
 - Modo de Operación: Estático diferencial para post - proceso.
 - Mascara de Elevación: 10° con respecto al horizonte.
 - Intervalo de registro: 1.0 segundos.
 - Tiempo de Registro: en promedio 01 hora.
 - PDOP – Position Dilution of Precision: Menor o igual a 02
 - Medición de la altura de antena: Medido a la Base de la Muesca (inclinada). (ver *Figura 75*).

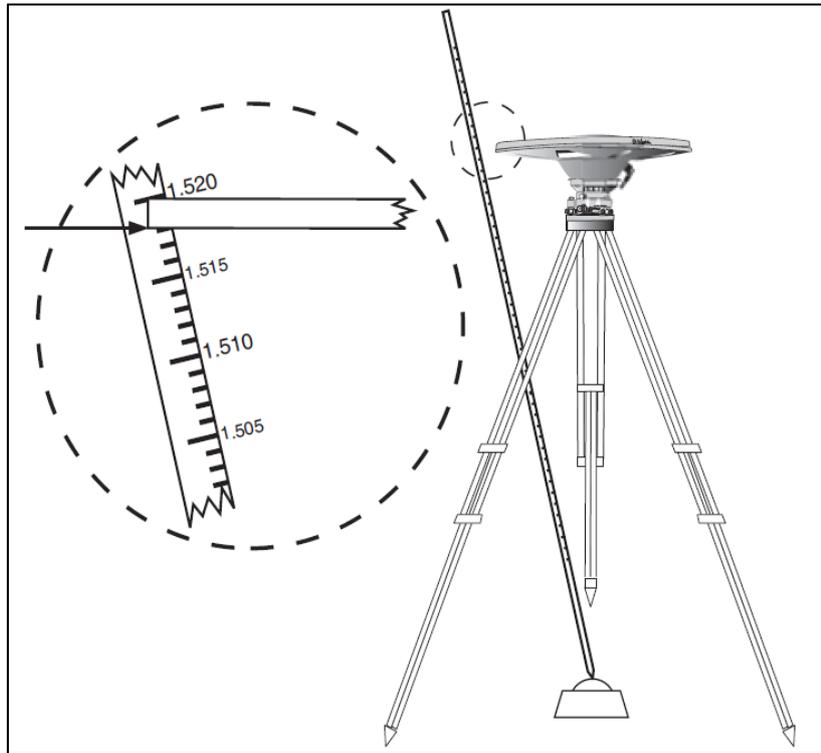


Figura 75. Medición de altura a la “Base de la Muesca”
Fuente: Guía de usuario Trimble R7 GNSS, TRIMBLE

4.2.3 Procesamiento de información de los puntos georreferenciados

Consistió en el procesamiento de información geodésica obtenida en campo; para el desarrollo de ésta fase se consideró lo siguiente:

- Se descargó la información geodésica de los Receptores GNSS, almacenados en las tarjetas Compact Flash. (ver Figura 76).

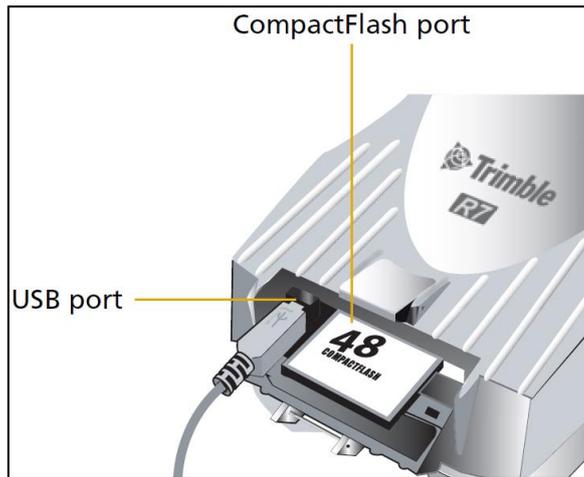


Figura 76. Almacenamiento de información geodésica
Fuente: Guía de usuario Trimble R7 GNSS, TRIMBLE)

- Se guardó y organizó por brigada de trabajo la data descargada. (ver Figura77)

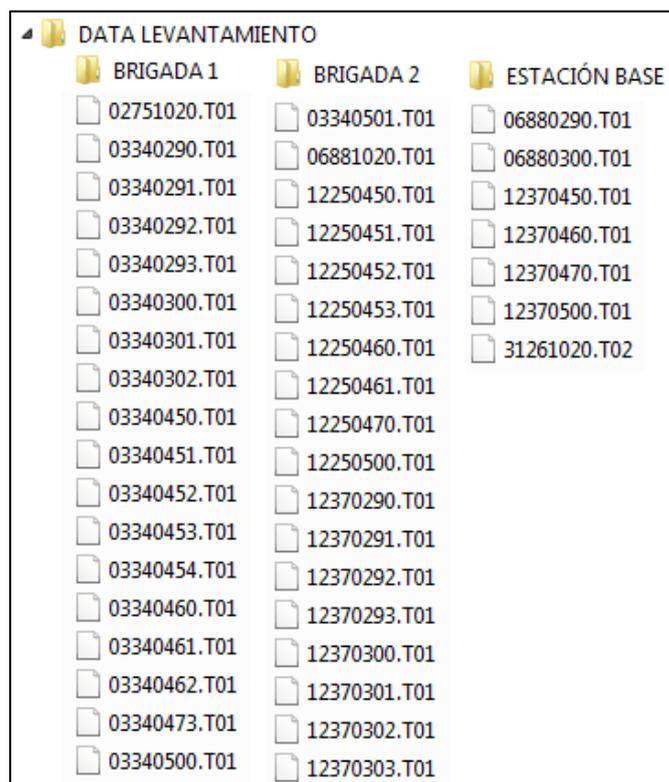


Figura 77. Data de los 25 puntos de control geodésico
Fuente: Elaboración Propia

- También se adquirió la data del Instituto Geográfico Nacional (IGN) de los días trabajados en campo, para realizar los cálculos y tratamiento de la información geodésica. (ver Figura 78).

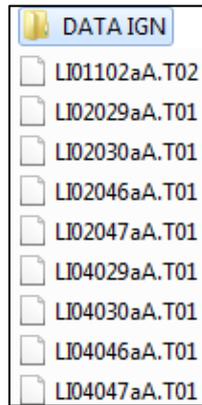


Figura 78. Data del Instituto Geográfico Nacional
Fuente: Elaboración Propia

Luego de recopilar la información, se empleó el software de procesamiento geodésico satelital **Trimble Business Center versión 3.5**, que permitió realizar las correcciones y ajustes necesarios para obtener las precisiones exigidas.

La configuración del Sistema de Referencia en el software de procesamiento para el cálculo de coordenadas, es el mismo que se estableció en la fase de campo. (ver Figura 79).

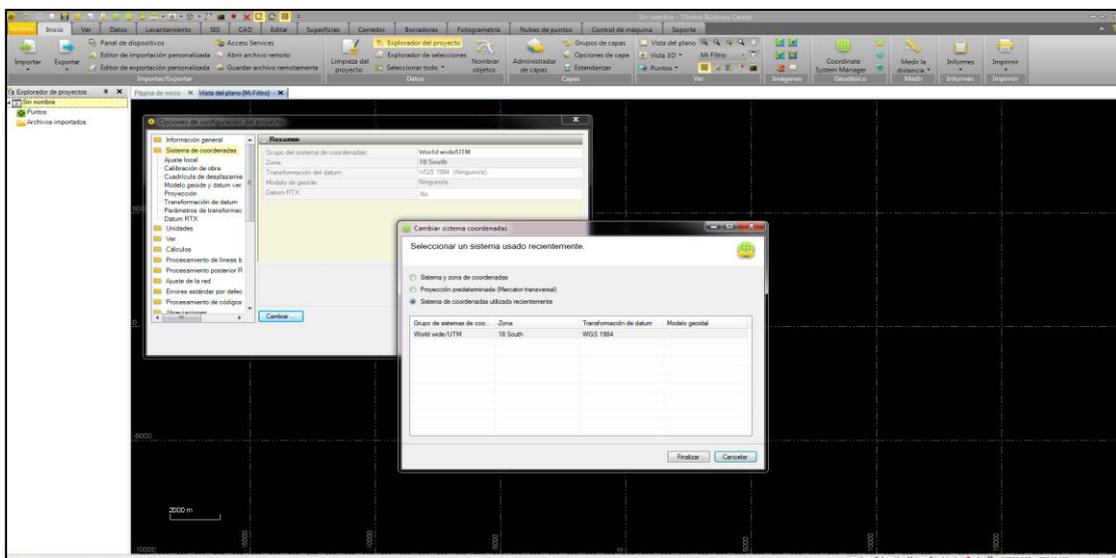


Figura 79. Configuración del TBC para el procesamiento GNSS
Fuente: Elaboración Propia

- Se importó los archivos “. T01” de los 25 puntos geodésicos. (ver figura 80)

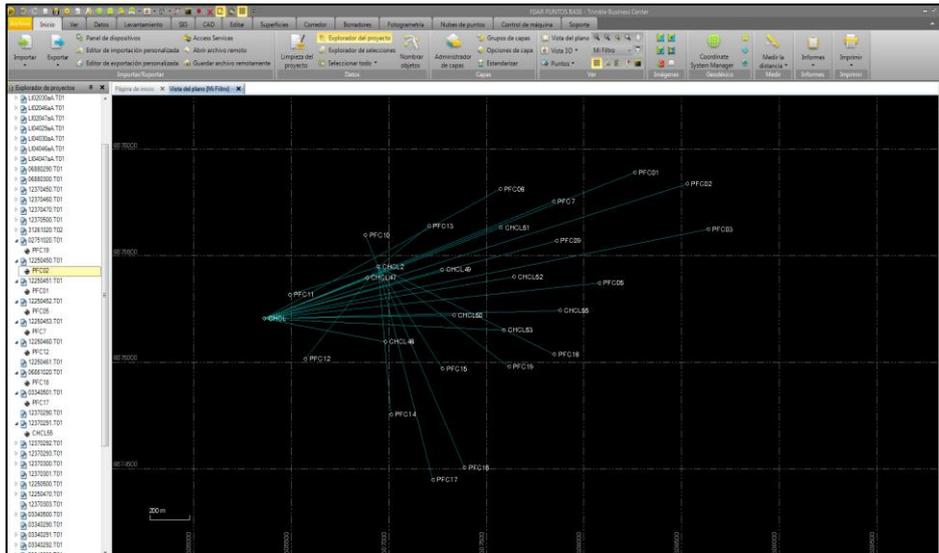


Figura 80. Importación de archivos en formato “.T01”
Fuente: Elaboración Propia

- Se obtuvo la formación de vectores por tiempo común de registro entre la “base” y “rover”. (ver Figura 81).

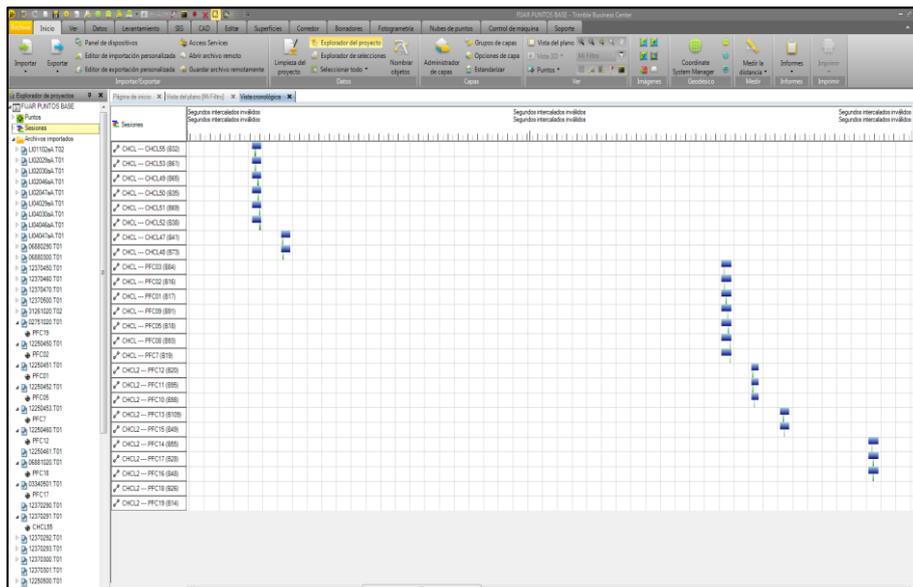


Figura 81. Vista cronológica de los 25 puntos geodésicos
Fuente: Elaboración Propia

- Se editó sesiones que consiste en analizar visualmente la calidad de los datos satelitales GNSS. (ver Figura 82).

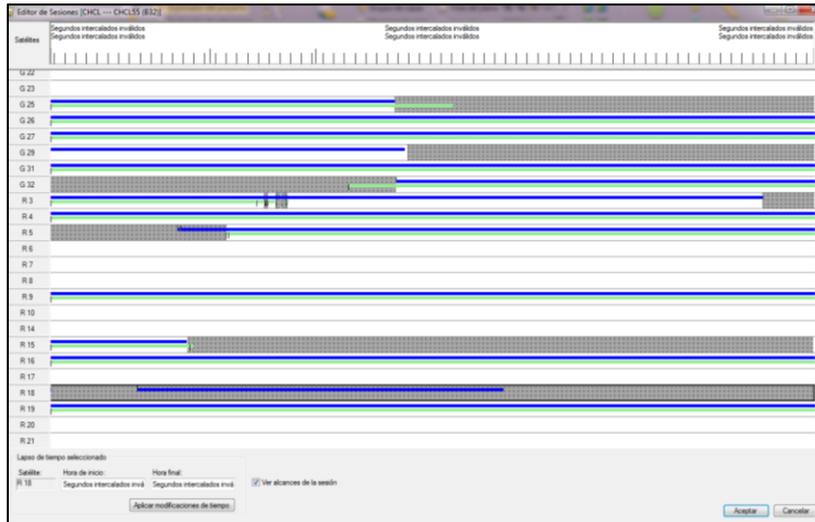


Figura 82. Edición de sesiones
Fuente: Elaboración Propia

- Se realizó el procesamiento de la información georreferenciada. (ver Figura 83).

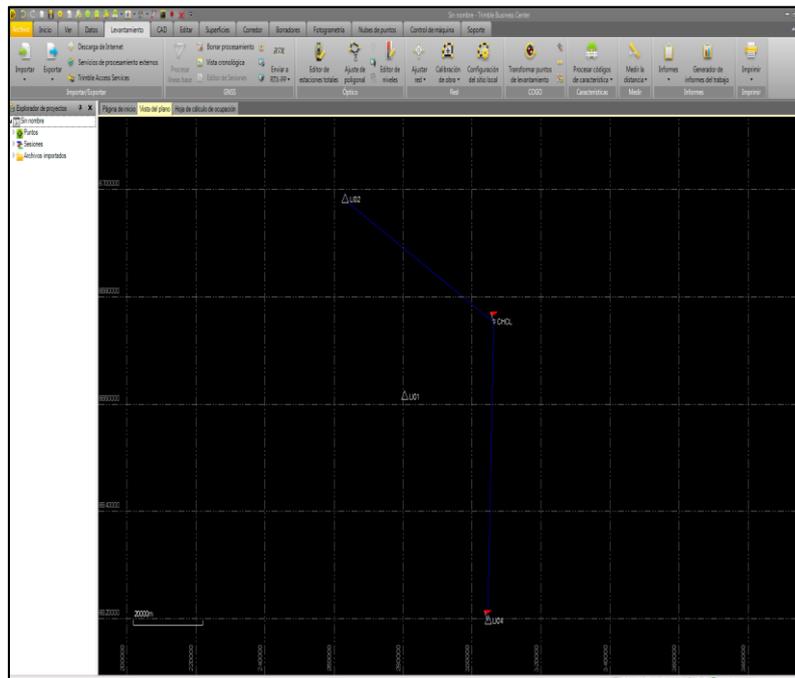


Figura 83. Procesamiento GNSS de las 25 marcas geodésicas
Fuente: Elaboración Propia

- Finalmente, se obtuvo la solución de vectores procesados para los 25 puntos geodésicos. (ver Figura 84).

ID vector	ID del punto de origen	ID de punto	Tipo de solo	Estado	Desajuste vertical	GAS	POOP	Precisión h. (95%)	Precisión v. (95%)	Sealt	Epic	Largo del vec	Desde alt.	A alt.	Hora de inicio	Distancia de inclinac.	Compensación de inclinac.	Recorrido de inclinac.
P173	CHCL	CHCL47	Fis	Habilitado	0.000	2.138	0.001	0.001	0.001	17	3705	952.115	1.657	2.261	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P175	CHCL	CHCL48	Fis	Habilitado	0.000	2.446	0.002	0.004	0.004	13	3725	630.758	1.657	2.455	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P165	CHCL	CHCL49	Fis	Habilitado	0.000	1.788	0.001	0.003	0.003	17	3834	937.581	1.624	1.579	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P155	CHCL	CHCL50	Fis	Habilitado	0.000	2.070	0.001	0.003	0.003	16	3693	971.193	1.624	2.404	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P169	CHCL	CHCL51	Fis	Habilitado	0.000	2.056	0.002	0.003	0.003	15	3177	1283.003	1.624	1.953	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P163	CHCL	CHCL52	Fis	Habilitado	0.000	2.336	0.001	0.003	0.003	16	3667	1293.373	1.624	2.397	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P161	CHCL	CHCL53	Fis	Habilitado	0.000	3.203	0.004	0.004	0.004	13	3668	1223.345	1.624	2.493	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P162	CHCL	CHCL55	Fis	Habilitado	0.000	1.695	0.002	0.002	0.002	13	4255	1515.598	1.624	1.500	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P177	CHCL	PPC01	Fis	Habilitado	0.000	1.618	0.002	0.003	0.003	13	3223	2016.543	1.567	1.490	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P116	CHCL	PPC02	Fis	Habilitado	0.000	1.956	0.004	0.004	0.004	15	2510	2267.398	1.567	2.400	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P164	CHCL	PPC03	Fis	Habilitado	0.000	2.362	0.003	0.006	0.006	15	2060	2312.995	1.567	1.520	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P118	CHCL	PPC05	Fis	Habilitado	0.000	2.004	0.003	0.001	0.001	15	2762	1525.185	1.567	1.916	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P119	CHCL	PPC7	Fis	Habilitado	0.000	2.035	0.002	0.003	0.003	15	1802	1562.764	1.567	1.556	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P163	CHCL	PPC08	Fis	Habilitado	0.000	2.108	0.002	0.003	0.003	15	2258	1394.240	1.567	1.600	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P161	CHCL	PPC09	Fis	Habilitado	0.000	1.932	0.002	0.006	0.006	15	1838	1541.644	1.567	2.361	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P168	CHCL2	PPC10	Fis	Habilitado	0.000	1.640	0.003	0.003	0.003	13	1963	163.730	1.559	2.827	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P165	CHCL2	PPC11	Fis	Habilitado	0.000	4.231	0.002	0.006	0.006	16	3084	472.315	1.559	1.504	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P166	CHCL2	PPC12	Fis	Habilitado	0.000	3.963	0.002	0.006	0.006	14	2036	879.463	1.559	2.045	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P119	CHCL2	PPC13	Fis	Habilitado	0.000	1.837	0.002	0.003	0.003	15	2001	323.095	1.562	1.444	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P165	CHCL2	PPC14	Fis	Habilitado	0.000	1.816	0.003	0.003	0.003	13	2002	686.169	1.573	1.512	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P149	CHCL2	PPC15	Fis	Habilitado	0.000	2.927	0.002	0.004	0.004	12	2437	580.767	1.562	1.575	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P148	CHCL2	PPC16	Fis	Habilitado	0.000	1.681	0.002	0.003	0.003	14	2420	1045.991	1.573	2.270	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P162	CHCL2	PPC17	Fis	Habilitado	0.000	1.810	0.002	0.003	0.003	14	2847	1043.627	1.573	2.233	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P166	CHCL2	PPC18	Fis	Habilitado	0.000	2.024	0.002	0.003	0.003	15	2099	983.627	1.574	2.264	Segundos intercalados invál ?	?	?	?
P172	CHCL2	PPC19	Fis	Habilitado	0.000	1.835	0.001	0.003	0.003	15	2562	819.250	1.574	1.609	Segundos intercalados invál ?	?	?	?

Figura 84. Hoja de cálculo de vectores
Fuente: Elaboración Propia

- La información procesada cumple con las siguientes exigencias técnicas:
 - Precisión Geométrica (IGN): Orden C
 - Precisión Relativa: 1:100,000
 - Nivel de confianza 95 %
 - Precisión Horizontal $0.5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm} * \text{LLB}$
 - Precisión Vertical $10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm} * \text{LLB}$
 - (LLB = Longitud de Línea Base)
- Como resultado del post proceso, se obtuvo reportes en formato “PDF” de las coordenadas de los 25 puntos geodésicos, en el Sistema de Referencia oficial para el Perú. (ver Anexo)

4.2.4 Análisis del comportamiento del factor de escala combinado promedio

Consistió en analizar el comportamiento del Factor de Escala Combinado, obtenido en la etapa anterior, mediante sencillas ecuaciones matemáticas; este análisis se desarrolló de la siguiente manera:

- La información geodésica procesada es consolidada en un Cuadro de Datos Técnicos.
- Se promedia el factor de escala combinado de los puntos geodésicos involucrados, y aplicando la ecuación n°12, se calcula la diferencia promedio entre la distancia topográfica (D_{top}) y distancia UTM (D_{utm}) para el sector catastral.

Cabe precisar que, en la fase de determinación de la cantidad de puntos geodésicos, se determinó trabajar con una distancia topográfica (D_{top}) igual a 1000 metros, que vendría a ser el radio de influencia de cada punto geodésico durante el levantamiento topográfico con fines de catastro urbano.

Los resultados de los cálculos mencionados se muestran a continuación en la Tabla N° 12.

Tabla 12. Cuadro de Datos Técnicos – Sector Catastral N° 07

Cuadro de Datos Técnicos - Sector Catastral N° 07									
Orden	Código	Coordenadas UTM (m)		Coordenadas Geodésicas (° ' ")		Factor de Escala de Proyección	Factor de Escala de Altura	Factor de Escala Combinada	Factor de Escala Combinada Promedio
		Este	Norte	Latitud Sur	Longitud Oeste				
1	CHCL47	306890.538	8675396.460	11°58'36.31582"	76°46'24.69807"	1.0100061401	0.999894466	0.999955861	0.999951206
2	CHCL48	306983.459	8675095.059	11°58'46.14302"	76°46'21.69088"	1.000060957	0.999893346	0.999954296	
3	CHCL49	307271.372	8675433.339	11°58'35.19532"	76°46'12.10310"	1.000059583	0.999893023	0.999952599	
4	CHCL50	307333.159	8675218.393	11°58'42.20267"	76°46'10.10650"	1.000059288	0.999892072	0.999951354	
5	CHCL51	307574.043	8675631.382	11°58'28.81398"	76°46'02.05745"	1.000058141	0.999891877	0.999950011	
6	CHCL52	307640.537	8675399.776	11°58'36.36443"	76°45'59.90873"	1.000057824	0.999891098	0.999948916	
7	CHCL53	307589.187	8675149.373	11°58'44.50202"	76°46'01.65891"	1.000058068	0.999891404	0.999949466	
8	CHCL55	307877.130	8675241.312	11°58'41.57022"	76°45'52.12240"	1.000056698	0.999890456	0.999947148	

Fuente: Elaboración Propia

- Se calculó el Factor de Escala Combinado Promedio del Sector Catastral N° 07 de la siguiente manera: (ver tabla N° 12)

$$K_{promedio} = \frac{(K_{CHCL47} + K_{CHCL48} + K_{CHCL49} + K_{CHCL50} + K_{CHCL51} + K_{CHCL52} + K_{CHCL53} + K_{CHCL55})}{8} = \boxed{0.999951206}$$

Observamos que en los cálculos preliminares se obtuvo un “K” aproximado igual a 0.99995434311518, valor semejante al “K” promediado.

- Asimismo, se sabe que la D_{top} o radio de influencia para el sector catastral es 1000 metros, entonces calculamos la diferencia con la D_{utm}:

$$D_{utm} = (K)(D_{top}) = (0.999951206)(1000) = 999.951206 \approx \boxed{999.9512 \text{ metros}}$$

Como promedio en el sector catastral, dicha diferencia es de 4.88 cm, valor semejante a 4.60 cm que se realizó en los cálculos preliminares.



Figura 85. Factor escala combinado promedio – Sector Catastral N° 07
Fuente: Elaboración Propia

- Luego, se identificó y ubicó los puntos geodésicos georreferenciados.
- Apoyándonos del Google Earth, se estableció como máximo 1000 metros como radio de influencia (Dtop) por punto geodésico. (ver Figura 86).



Figura 86. Sector Catastral N° 07, radio de influencia de los puntos geodésicos
Fuente: Elaboración Propia

Como nuestro radio de influencia máximo es 1000 metros y nuestro sector catastral n° 07 tiene a lo largo 1900 metros aproximadamente se pensaría en establecer sólo 2 puntos de georreferenciación, pero para facilitar el levantamiento se establecieron estratégicamente 6 puntos adicionales.

5.2.5 Aplicar el análisis del factor de escala combinado promedio en el levantamiento topográfico

Levantamiento topográfico convencional.

Consistió en la aplicación del análisis del Factor de Escala Combinado promedio durante el proceso del levantamiento topográfico con fines de catastro urbano, considerando los 1000 metros máximos obtenidos como radio de acción (Dtop) para cada punto geodésico. Se desarrolló de la siguiente manera:

- Se agrupó la información geodésica de los puntos georreferenciados según el análisis realizado anteriormente, para el desarrollo del levantamiento topográfico con fines de catastro urbano en el ámbito de trabajo.
- Luego, las brigadas encargadas realizaron el levantamiento topográfico con fines de catastro urbano en el Sector Catastral N° 07, por el método de radiación con estación total TopCon ES 105, respetando el área formada por los radios de influencia.
- El topógrafo responsable de operar el equipo, realizó la siguiente configuración estando estacionado en un punto geodésico:
 - Unidades de medida: Temperatura en grado Celsius “C°”, Presión atmosférica en hectopascal “hPa”, distancia en “metro” y ángulos en el sistema sexagesimal x° y ‘z’
 - Modo de medida de distancia: Fino
 - Tipo de reflector: con Prisma
 - Constante de prisma: “0” o “-30” mm (la que corresponda)

- En el trabajo creado en la estación total se consignó el número del sector catastral junto con la fecha de levantamiento.
- Se ingresó el factor de escala combinado promedio.

Factor de Escala Combinado Promedio Sector Catastral N° 07:

$$K_{promedio} = \boxed{0.999951206}$$

También se ingresó en la estación total las coordenadas UTM del punto ocupado, para luego orientar el equipo verificando que el error de cierre de la “vista atrás” se encuentre entre los ± 5 mm.

4.2.6 Generación de información vectorial del levantamiento topográfico

Consistió en la descarga y/o transferencia de información topográfica, generada durante la fase de campo, de la estación total para su posterior edición, con el objetivo de generar el plano topográfico final para los siguientes procesos catastrales. Se desarrolló de la siguiente manera:

- Luego de la fase de campo, se descargó la información del equipamiento topográfico en USB, el cual se encontraba almacenado en las memorias internas. (*ver Figura 87*).



Figura 87. Descarga de la información topográfica
Fuente: Elaboración propia

- La información descargada se organizó por brigada de trabajo en una computadora personal (Laptop). Esta información fue importada a “.csv” utilizando el software TopCon Link v.8.
- Luego, se transfirió la información en el AutoCad donde se generó la nube de puntos del levantamiento topográfico realizado. (ver Figura 88).

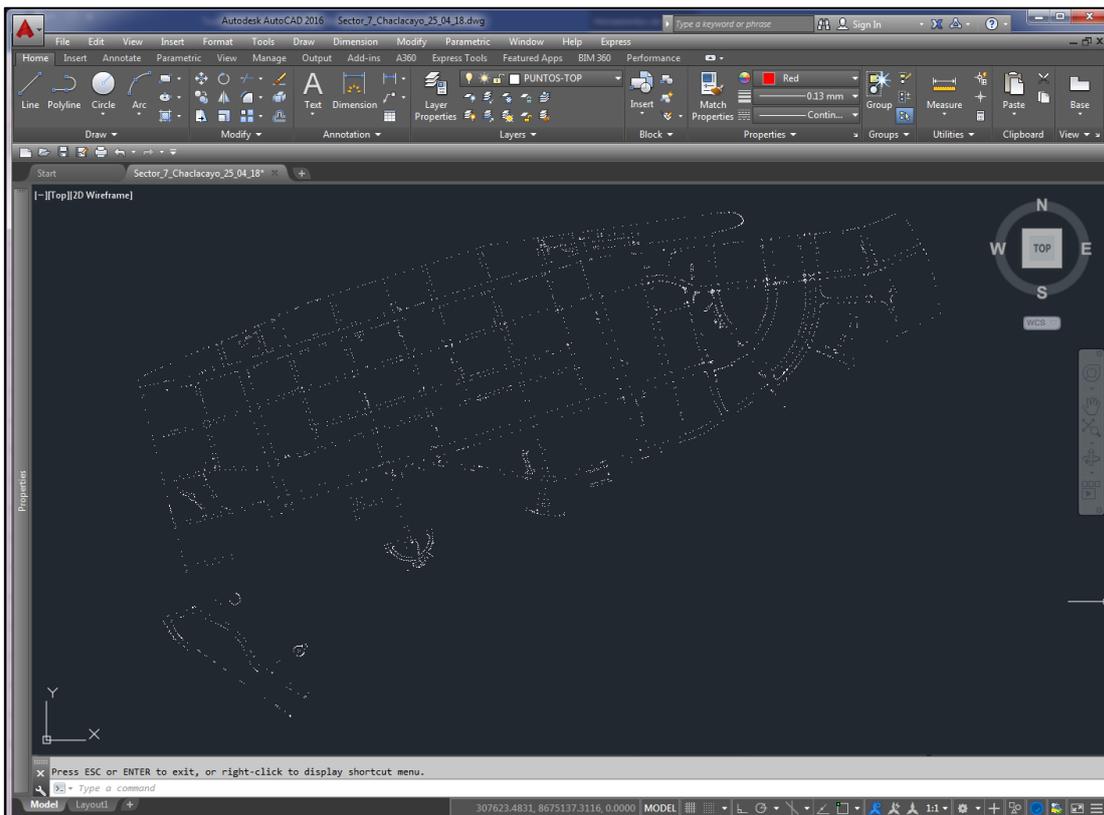


Figura 88. Nube de puntos del proyecto
Fuente: Elaboración Propia

- Finalmente, se realizó la edición topográfica donde cada elemento editado es correctamente representado en su respectiva capa (layer) según las características físicas de las construcciones, cumpliendo lo siguiente:
 - No debe existir ningún elemento en la “Capa 0”.
 - No debe existir puntos sin unión y sin representar algún elemento.
 - No debe existir elementos duplicados, ni capas vacías.

- Como resultado, se obtuvo el plano topográfico del ámbito de trabajo con las precisiones idóneas para los siguientes procesos catastrales, basado en el análisis del denominado Factor Escala Combinado promedio (*ver figura 89 o Anexo*).

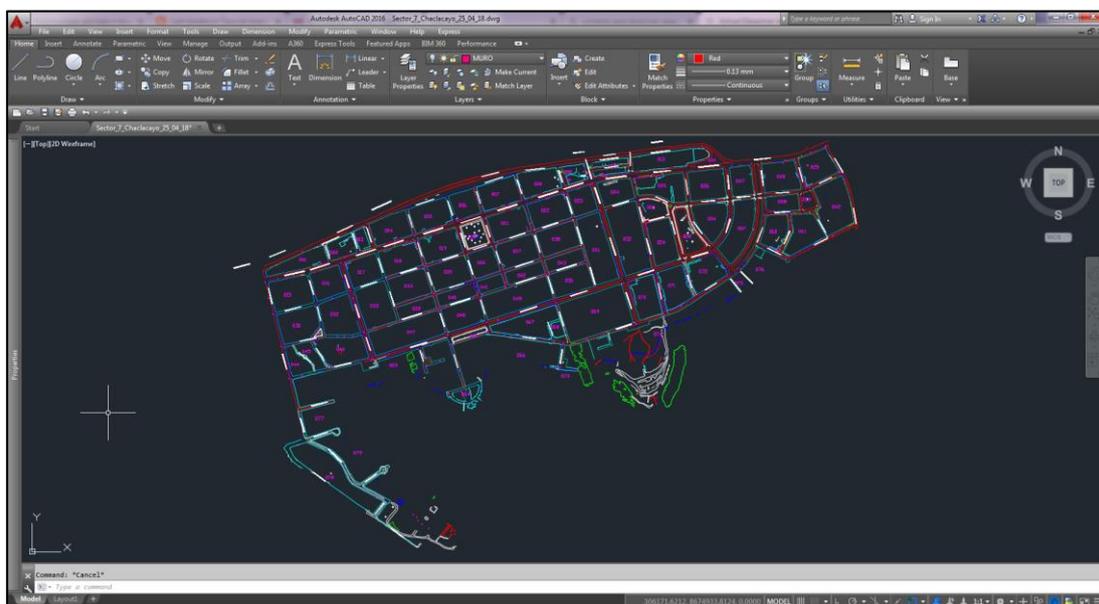


Figura 89. Plano vectorial de sector catastral N°07
Fuente: Elaboración Propia

4.3 Procesos de Compatibilidad y Complementariedad

4.3.1 Evaluar la precisión de la compatibilidad

En este proceso se determinó la precisión y compatibilidad entre ambos métodos, para esto se procede a extraer una manzana que será restituida y complementada con la topografía, se evaluará la precisión bajo los estándares de calidad para este tipo de cartografía. Una vez alcanzado los estándares de calidad se procederá a restituir de manera confiable todo el proyecto.

Evaluación de la manzana a restituir y complementar

La manzana a restituir y complementar será la 058 que se ubica entre las calles Las Dalias y Las Camelias frente al Parque Las Retamos (*ver figura 90*).

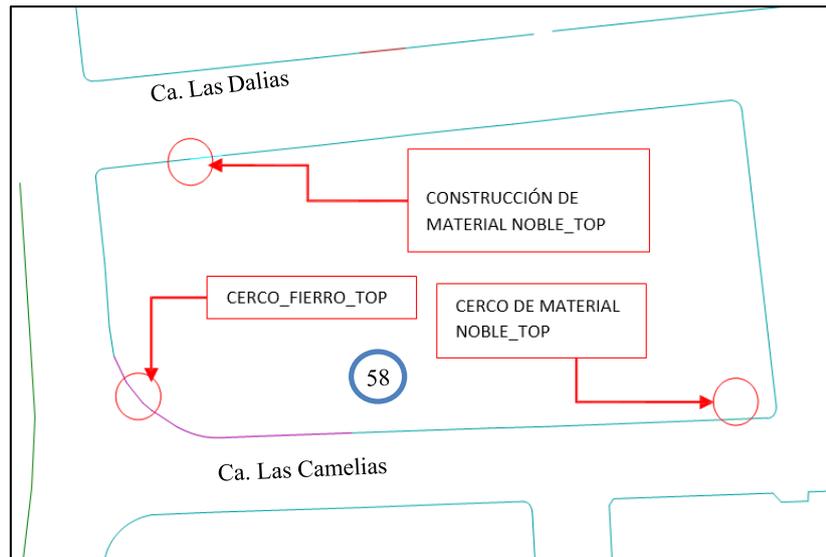


Figura 90. La información de niveles de topografía enriquece el plano vectorial.
Fuente: COFOPRI-SGT

Después se procede a convertir y adecuar a un formato que pueda ser reconocido por el Software Erdas imagine, su módulo Lps y su entorno CAD Microstation, en este caso en el formato DGN que permite la visualización del levantamiento topográfico en el entorno estereoscópico. (ver figura 91)



Figura 91. La restitución fotogramétrica de lotes usando la información topográfica de las manzanas
Fuente: COFOPRI-SGT

Una vez establecida los frentes de lote de la manzana, se procede a la restitución fotogramétrica de la parte interna de la manzana, iniciamos el trazado de los lotes uniendo a los frentes de lotes obtenidos por topografía. (ver figura 92)

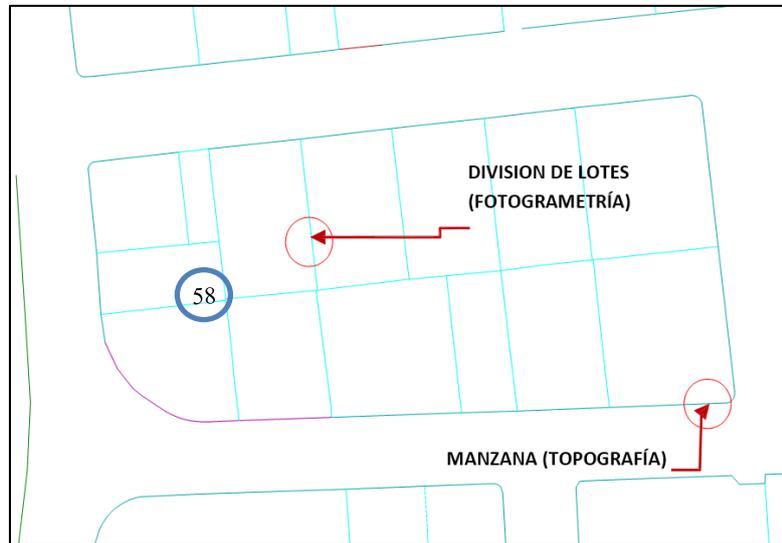


Figura 92. Compatibilidad de ambos métodos (método mixto)
Fuente: COFOPRI-SGT

Después de la unión de la manzana topográfica y la división de lotes se prosigue a completar la información interna de la manzana (áreas construidas, áreas precarias, muros). (ver figura N° 93)

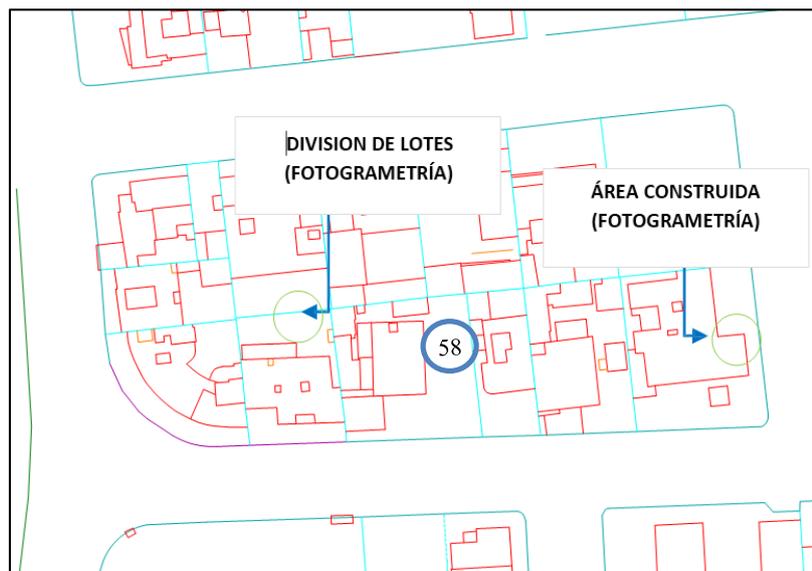


Figura 93. . Las construcciones internas de la manzana se trazan en su respectiva altura y nivel correspondiente al catálogo de fotogrametría
Fuente: COFOPRI-SGT

Después de generar la información interna de lote, con método de restitución fotogramétrica se genera la información de los componentes urbanos (vías, postes buzones, bermas etc.) (ver figura 94).

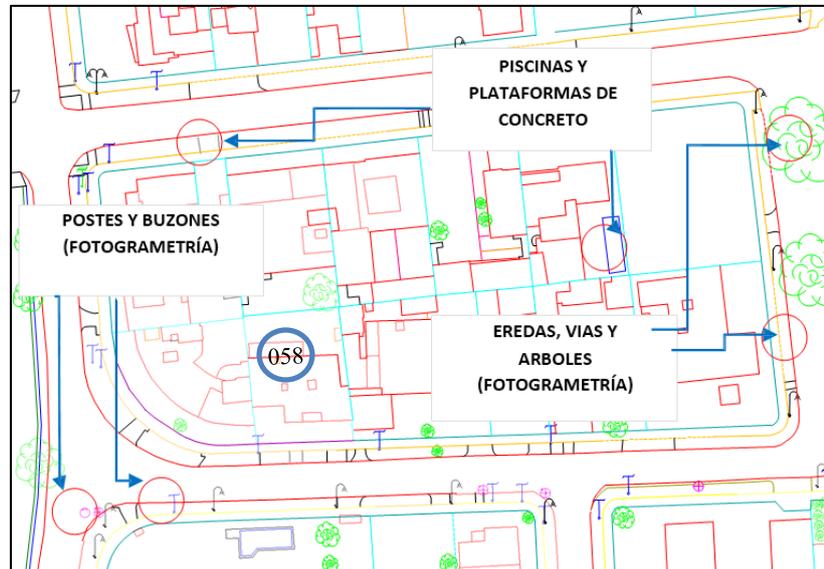


Figura 94. Plano vectorial culminado con todos sus componentes urbanos
Fuente: COFOPRI-SGT

El uso de la ortofoto como apoyo en el proceso de restitución fotogramétrica, permitió detectar componentes urbanos que en un par estereoscópico es difícil apreciar por la cantidad de imágenes, siendo considerado como un elemento importante en el proceso de restitución. (ver figura 95)



Figura 95. Visualización de la restitución fotogramétrica superpuesta en la ortofoto del sector 7 del distrito de Chaclayo
Fuente: COFOPRI-SGT

Evaluación y análisis de la precisión de la manzana

La precisión del producto final fue sometido a dos principales métodos de evaluación y análisis, una en un entorno 2D, es decir evaluar la precisión de los puntos de apoyo fotogramétrico (PAF) con respecto a la ortofoto y en un entorno 3D evaluando y analizando a la restitución fotogramétrica con la topografía con el fin de tener un valor de la precisión del plano vectorial.

Evaluación y análisis de precisión de los puntos de apoyo fotogramétrico de la ortofoto.

Este proceso se realiza en el entorno ArcGIS para evaluar la precisión de la ortofoto con respecto a los puntos de apoyo fotogramétrico.

Culminada la ortofoto, se procede con la evaluación de la precisión de las coordenadas del centro de la marca en la ortofoto, respecto a las coordenadas del CDT (Cuadro de datos técnicos).

En la figura 96, El punto de control es de color rojo y el punto de color verde son las coordenadas del CDT.



Figura 96. Verificación de la Precisión de los puntos de apoyo fotogramétrico en la ortofoto

Fuente: COFOPRI-SGT

En la ortofoto, lado izquierdo se tiene una vista del ámbito donde se realizó el vuelo y en la derecha se observa la cercanía del PAF al centro de la marca fotogramétrica, evidenciando visualmente la precisión de la ortofoto.

En el siguiente cuadro se presenta los resultados de la evaluación:

Tabla 13. Valores de distancia entre los PAF y el centro de la marca en al ortofoto

Puntos de apoyo fotogramétrico (PAF)	Distancia entre el PAF y el centro de la marca en la ortofoto (m)
CHCL47	0.01
CHCL48	0.01
CHCL49	0.01
CHCL50	0.02
CHCL51	0.03
CHCL52	0.03
CHCL53	0.04
CHCL55	0.03
PFC01	0.02
PFC02	0.01
PFC03	0.03
PFC05	0.01
PFC07	0.02
PFC08	0.01
PFC09	0.02
PFC10	0.01
PFC11	0.02
PFC12	0.01
PFC13	0.01
PFC14	0.01
PFC15	0.01
PFC16	0.02
PFC17	0.02
PFC18	0.04
PFC19	0.03
Promedio	0.019

Fuente: COFOPRI-SGT

Evaluación y análisis de la exactitud de la ortofoto con la topografía

Se realizó la evaluación y el análisis de la exactitud de la ortofoto usando la información topográfica, es decir superponiendo la topografía en la ortofoto para evaluar si existen variaciones o desplazamientos en superficies, en el terreno y en construcciones elevadas.

a) Caso 01: Elementos en el terreno

En este caso evaluaremos a nivel del terreno la compatibilidad entre ambos métodos.

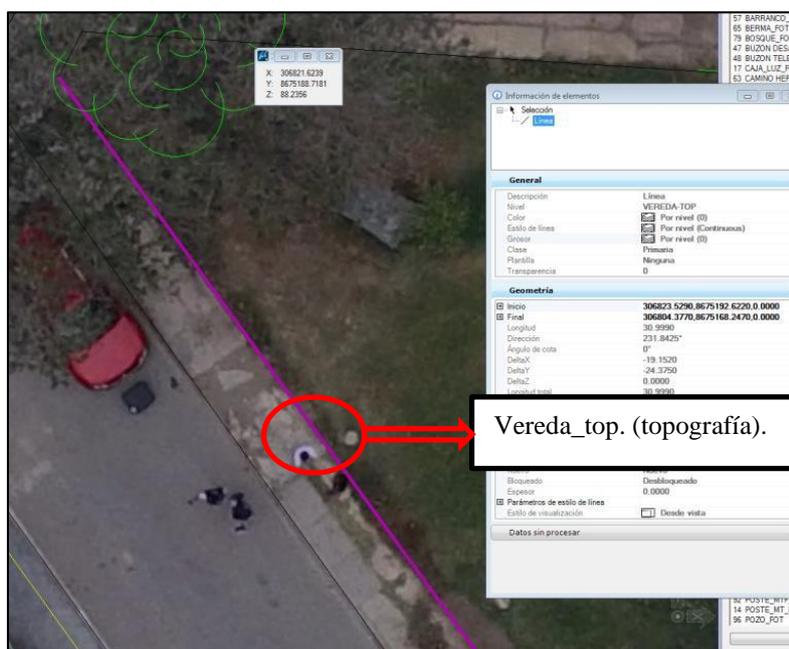


Figura 97. Línea de topografía (Magenta) con el nivel Vereda superpuesto en la ortofoto, siendo la vereda un elemento en el terreno

Fuente: COFOPRI-SGT

Como se puede apreciar en la figura 97, el vector generado por topografía (Capa Vereda_top color magenta), se superpone con precisión a la ortofoto evidenciando la compatibilidad entre la ortofoto y el levantamiento topográfico.

b) Caso 02: Elementos elevados

En este caso evaluaremos a niveles elevados la compatibilidad entre ambos métodos.

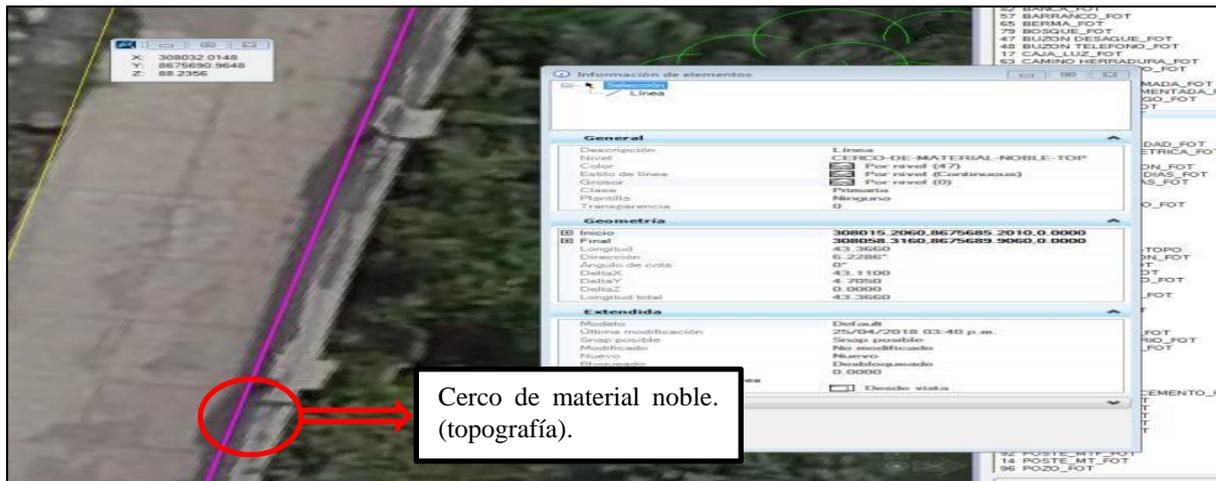


Figura 98. La línea de topografía (Magenta) con el nivel Cercos de material noble calza en la ortofoto, siendo el muro un elemento elevado
 Fuente: COFOPRI-SGT

Como se puede apreciar en la figura 98, el vector generado por topografía (Capa Cercos de material noble color magenta), se superpone con precisión a la ortofoto evidenciando la compatibilidad entre la ortofoto y el levantamiento topográfico.

En ambos casos siendo elementos de diferente altura es decir uno en el terreno y otro en una superficie elevada, la topografía calza de forma correcta. Después de evaluar en ambas condiciones se observa que la ortofoto no presenta desplazamiento ni deformaciones calzando correctamente con la topografía.

Evaluación de la discrepancia de la restitución con la topografía

Para la evaluación de la topografía y la restitución fotogramétrica (entorno estereoscópico) se utilizó dos casos, el primer caso en el cual el trazo a comparar se encuentra en una superficie elevada (muro, áreas construidas) y el otro caso donde se compara un elemento del terreno (vereda, pista, buzón, etc.)

a) Caso 01: Elemento a restituir con elevación

Para evaluar este caso se usó un par estero donde existía un muro libre de aleros y construcciones, con lo cual nos aseguramos que el trazo del muro será el mismo que la topografía levantó en campo. (ver figura 99 y 100).

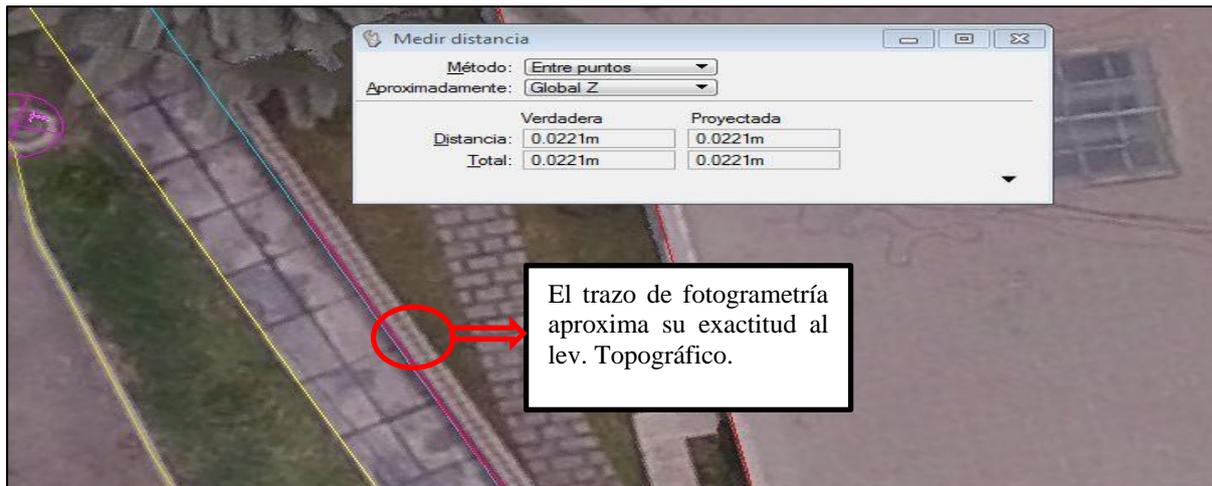


Figura 99. Trazo realizado por topografía y restitución fotogramétrica
Fuente: COFOPRI-SGT

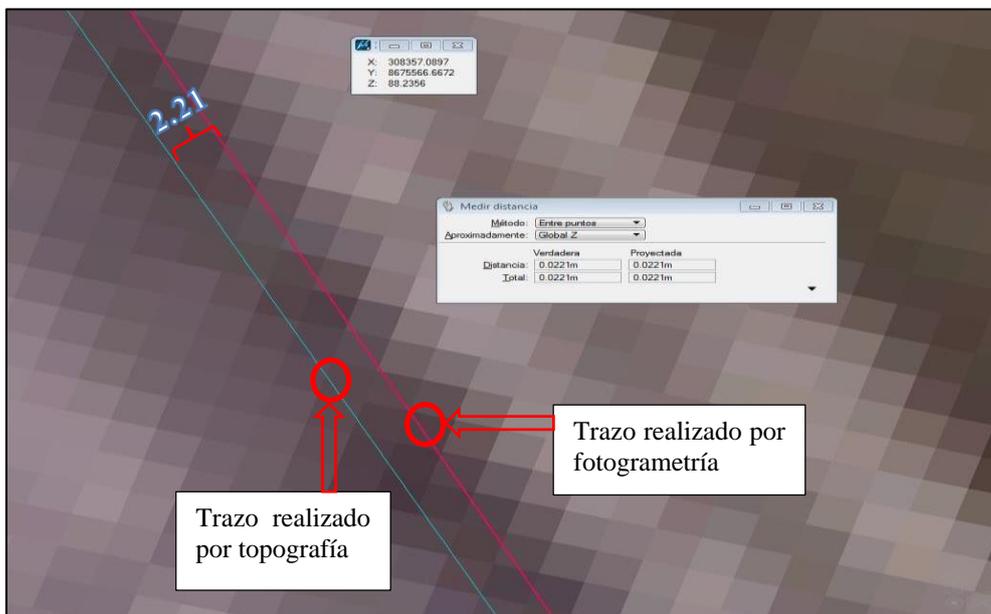


Figura 100. Acercamiento de la figura 90 donde se observa la discrepancia entre ambas metodologías (Fotogrametría y topografía) es de 2.21 cm
Fuente: COFOPRI-SGT

Se procedió a medir la discrepancia entre ambos métodos, resultando 2.21 cm esta medida se encuentra dentro de los estándares requeridos para este tipo de cartografía donde el máximo permitido de 5 cm.

b) Caso 02: Elemento a restituir en el terreno

Para evaluar este caso se realizó con elementos en el terreno (componentes urbanos), en este caso se usó un tramo de un parque. (ver figura 101 y 102)

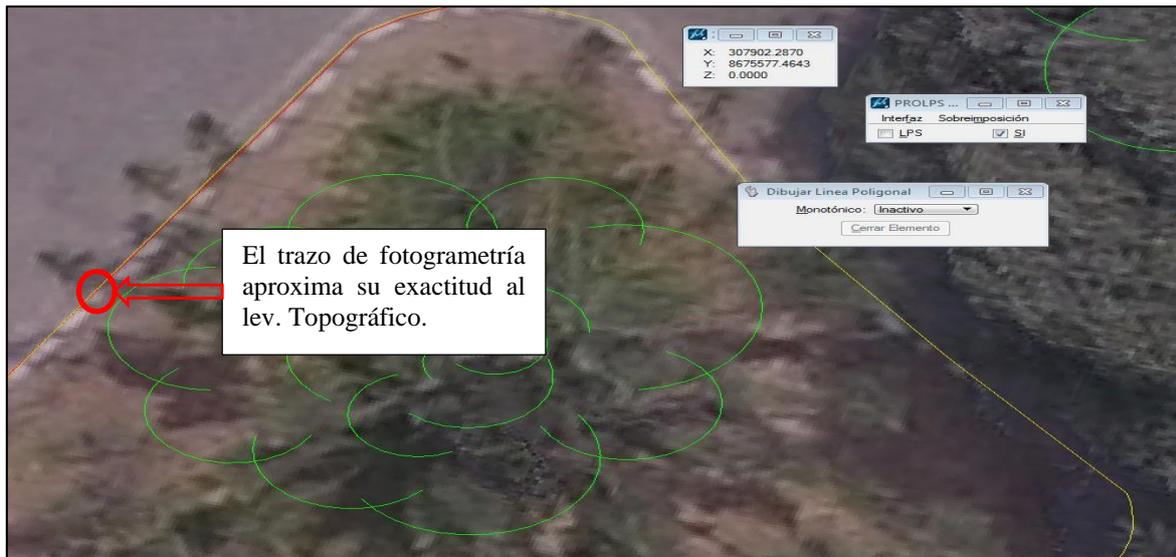


Figura 101. Segmento del parque que fue levantado con topografía para complementar la restitución

Fuente: COFOPRI-SGT

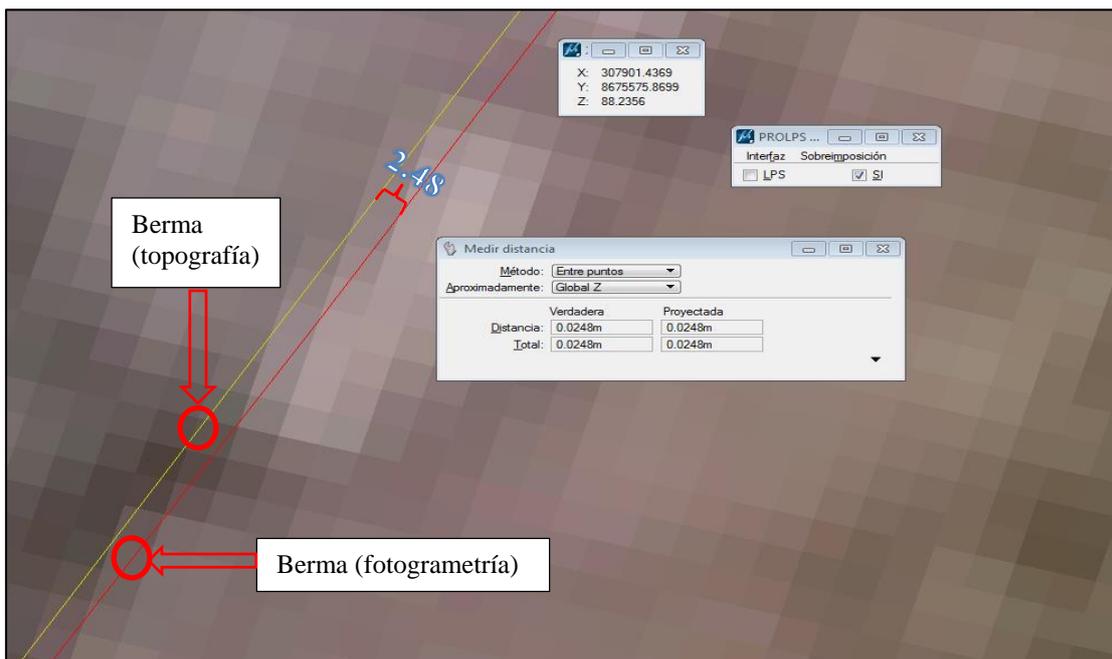


Figura 102. Acercamiento de la figura 93 donde se aprecia una discrepancia entre ambas metodologías de 2.48 cm

Fuente: COFOPRI-SGT

Se procedió a medir la discrepancia entre ambos métodos, resultando 2.48 cm esta medida se encuentra dentro de los estándares requeridos para este tipo de cartografía donde el máximo permitido de 5 cm.

En ambos casos se usó a la topografía para validar la precisión y exactitud de la restitución fotogramétrica siendo la discrepancia entre ambas metodologías no mayor de 3 cm.

Evaluación de la precisión del plano vectorial

Esta evaluación se realiza una vez concluida en su totalidad la restitución, se aborda este proceso en el presente título ya que este proceso evidencia también la compatibilidad y precisión del método mixto, esto solo para fines didácticos.

Para saber cuál es la precisión del plano vectorial se realizó un muestreo usando información topográfica y fotogramétrica, se comparó la información topográfica y la restitución sobre aquellas que presentaban zonas libres de obstáculo, así como elemento en el terreno haciendo mediciones de 50 componentes urbanos. (ver figura 103 y Tabla 14)



Figura 103. Los círculos magenta son el área evaluadas para hallar la precisión del plano vectorial

Fuente: COFOPRI-SGT

Tabla 14. Medición de datos de las discrepancias de fotogrametría y topografía

Conteo	Manzana catastrales	Discrepancia entre ambas metodologías(cm)
1	07029	3.42
2	07029	3.76
3	07029	2.74
4	07062	4.69
5	07062	2.64
6	07028	4.05
7	07028	2.76
8	07028	0.37
9	07058	2.4
10	07058	3.71
11	07060	0.8
12	07060	3.56
13	07061	2.91
14	07061	3.2
15	07027	1.8
16	07027	1.6
17	7057	1.9
18	07057	4.95
19	07072	1.25
20	07072	1.01
21	07025	4.07
22	07025	1.02
23	07053	3.55
24	07053	3.46
25	07052	1.08
26	07052	0.6
27	07072	3.71
28	07071	3.09
29	07070	4.74
30	07071	1.27
31	07071	6.66
32	07051	1.18
33	07054	5.77
34	07054	0.66
35	07025	5.31
36	07025	2.43
37	07058	5.06
38	07027	5.56
39	07025	2.06
40	07055	2.5
41	07056	1.25
42	07024	1.83
43	07023	1.9
44	07054	6.54

45	07056	2.37
46	07027	2.29
47	07058	5.17
48	07029	3.5
49	07062	2.08
50	07026	0.98
51	07025	1.95
	Promedio	2.88

Fuente: COFOPRI-SGT

Después de comparar ambas metodologías con más de 50 mediciones que corresponden al sector 07 del distrito de Chaclacayo, se obtuvo un promedio de 2.88 cm, con lo cual queda demostrado que la precisión en la restitución se asemeja a un levantamiento topográfico. Considerando que la precisión de un levantamiento topográfico está en el rango de 1 a 3 cm, se demuestra la compatibilidad de ambas metodologías las cuales proporcionan una precisión de 3 cm al plano vectorial que es nuestro producto final.

4.3.2 Restitución fotogramétrica a partir del levantamiento topográfico

Se inicia la restitución de todo el proyecto una vez concluida con la evaluación de la precisión y compatibilidad entre ambos métodos bajo los estándares de calidad exigidos para este tipo de proyecto. Con la restitución extraeremos la información vectorial del modelo estereoscópico. (*ver figura 104*)

Para la restitución fotogramétrica se ha utilizado el software ERDAS Imagine 2013 utilizando los siguientes módulos

- Módulo LPS (Leica Photogrametric Systems), para la incorporación de bloques triangulados y la visualización de los pares estereoscópicos.
- Módulo PRO600 del LPS, para la extracción y edición de entidades en 3D; además, permite la edición de la información en entorno CAD para la producción de cartografía.

Una vez orientada y ajustada la información fotogramétrica que procede de la triangulación se exporta los valores de X, Y, Z, omega, phi y kappa para ser ingresada a un archivo con extensión. blk.

Después de la incorporación de estos parámetros a un blk se procede a la piramidización de las imágenes y se le acondiciona un catálogo de objetos que contiene las capas que corresponden a niveles de una cartografía elaborada por fotogrametría a escala 1/1000.

- Archivo BLK
- Ingreso de Imágenes
- Catálogo de Objetos

Culminada la importación se procede con la restitución. (*ver figura 104*)

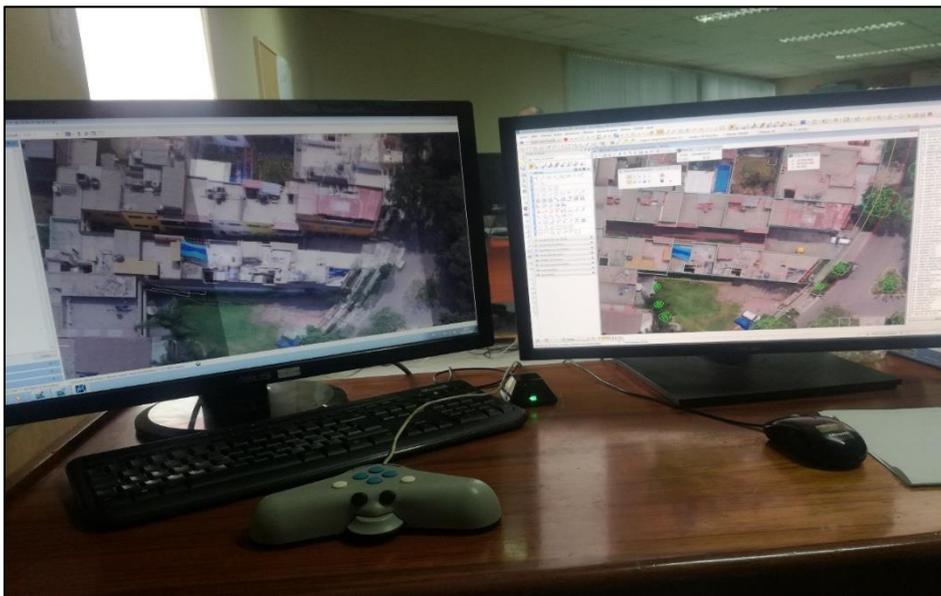


Figura 104. Estación fotogramétrica acondicionada con las imágenes de un RPA lista para realizar procesos de restitución.

Fuente: COFOPRI-SGT

Con fines de optimizar el trabajo de restitución, se estableció una metodología, debido a que estos proyectos cuentan con gran cantidad de imágenes que dificulta el proceso de restitución fotogramétrica, con la finalidad de obtener un producto de calidad se elabora la siguiente secuencia:

- Bloques aéreo triangulados

- Planos topográficos para restitución

Bloque aéreo triangulados

Estos bloques contienen uno o dos manzanas catastrales, con la finalidad de trabajar de forma ordenada y tener un control por cada manzana culminada (*ver Figura 105*).

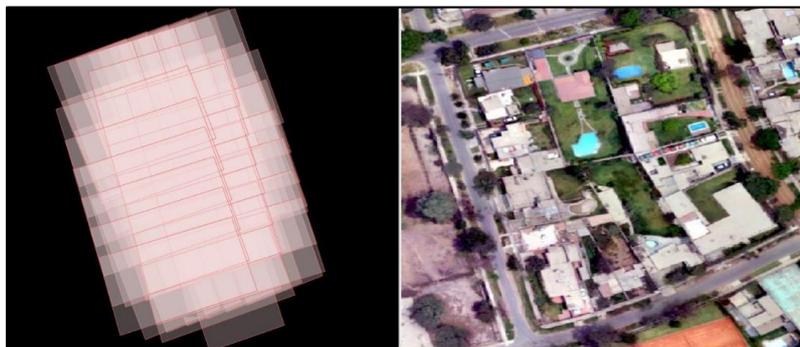


Figura 105. Lado izquierdo: bloque fotogramétrico adecuado a una manzana, lado derecho: manzana que comprende dicho Bloque fotogramétrico

Fuente: COFOPRI-SGT

Plano topográfico para restitución

Es la información generada por el levantamiento topográfico tradicional, para uso fotogramétrico, definiéndose como metodología de trabajo las capas generadas en el levantamiento topográfico, (el registro de los frentes de lotes y el material de las construcciones), esta información fue insertada en el entorno estereoscópico para poder complementar las construcciones internas y componentes urbanos. (*ver figura 106*)

La topografía tiene una librería que se adecua a los trabajos fotogramétricos pues brinda información de características de materiales y construcciones.

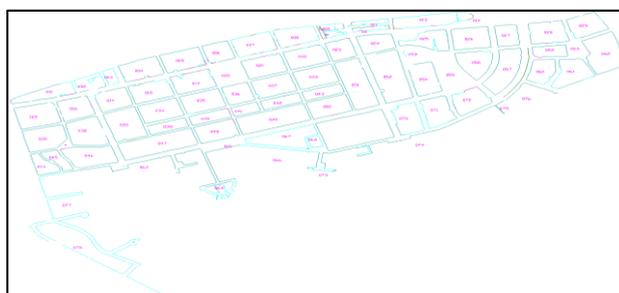
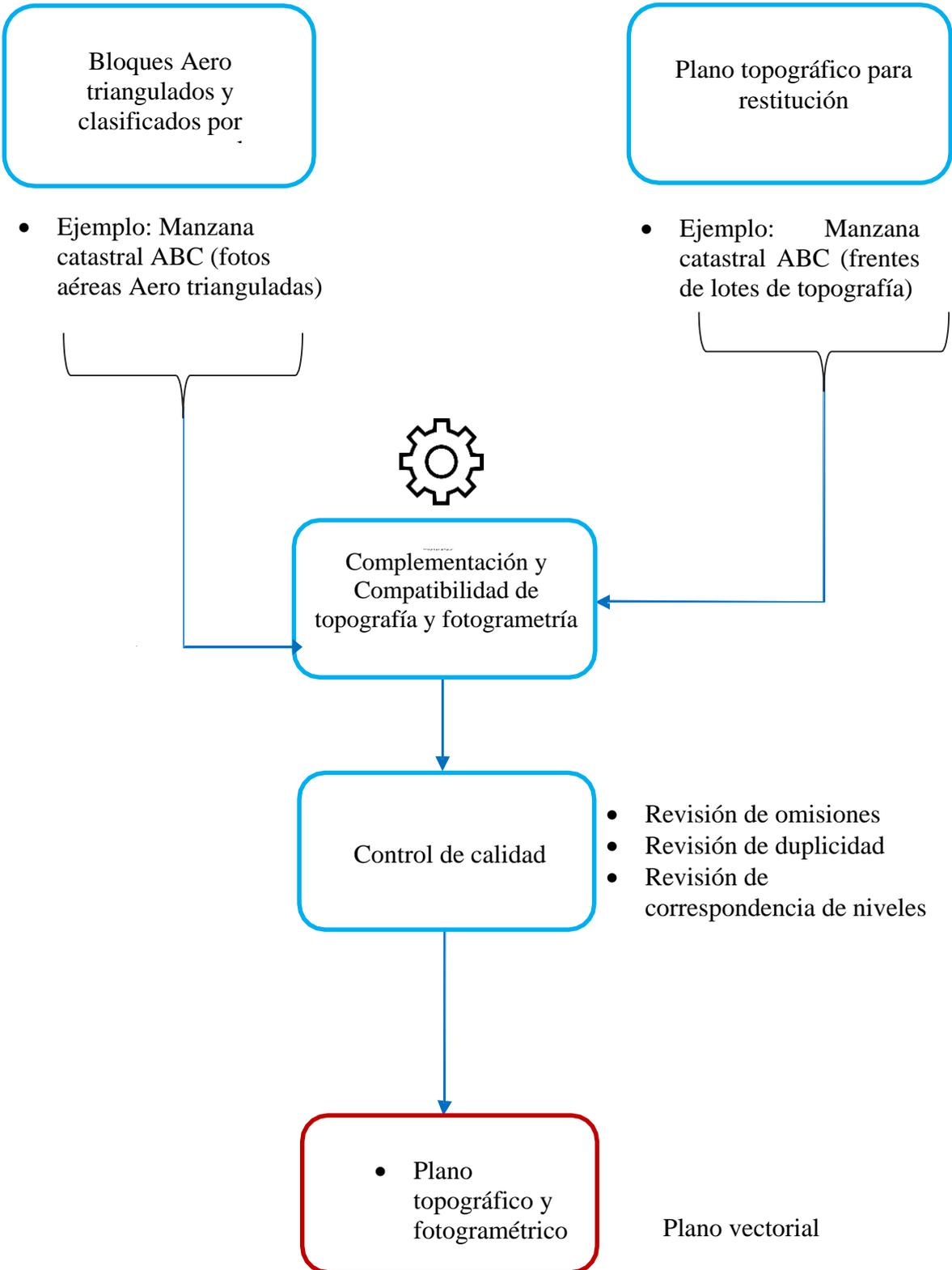


Figura 106. La información levantada fue a nivel de frente de lotes y construcciones no visibles.

Fuente: COFOPRI-SGT



V. Discusión de los Resultados

- A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis alternativa general que establece, la generación de cartografía básica de precisión con fines de catastro urbano utilizando el proceso fotogramétrico (método indirecto), el proceso topográfico convencional (método directo) y el proceso mixto donde ambos métodos son compatibles y se complementan.
- Los resultados que muestra Sanchez (2013), con respecto a la discrepancia entre la información extraída por el método indirecto y la levantada por topografía es en promedio de 0.95 m (este=0.59m y norte=0.75), este resultado es mucho mayor al encontrado en la presente investigación, que fue en promedio 2.88 cm.
- En lo que no concuerda el presente estudio con lo realizado por Pardo (2018) es que Pardo plantea una metodología híbrida basada en la complementariedad de tres métodos de obtención de información cartográfica: Levantamiento Topográfico Convencional, Sistema RTK (Real Time Kinematic) y fotografías aéreas con drones. En este estudio no se plantea un sistema RTK (Real Time Kinematic).
- En lo que no concuerda el presente estudio con lo realizado por Gonzales y Muñoz (2018), es que plantean solo el método indirecto (fotogramétrico) para extraer la información cartográfica. En este estudio se plantea la complementariedad con el levantamiento topográfico convencional.
- En lo que no concuerda el presente estudio con lo realizado por Claros, Guevara y Pacas (2016), es que plantean solo el método indirecto (fotogramétrico) para extraer la información cartográfica. En este estudio se plantea la complementariedad con el levantamiento topográfico convencional.
- En lo que no concuerda el presente estudio con lo realizado por Castillo y Escobar (2017), Robayo (2015), es que plantean solo el método indirecto (fotogramétrico) para

extraer la información cartográfica. En este estudio se plantea la complementariedad con el levantamiento topográfico convencional.

- En lo que no concuerda el presente estudio con lo realizado por Dolores (2017), es que plantean solo el método indirecto (fotogramétrico) para extraer la información cartográfica. En este estudio se plantea la complementariedad con el levantamiento topográfico convencional.
- En lo que no concuerda el presente estudio con lo realizado por Sánchez (2013), es que plantean solo el método indirecto (fotogramétrico) para extraer la información cartográfica. En este estudio se plantea la complementariedad con el levantamiento topográfico convencional.
- En lo que puede complementar el presente estudio a lo mencionado por Tacca (2015) en su investigación es que también podemos garantizar un nivel de confianza en planimetría, obteniendo una discrepancia por debajo de los 3cm entre el levantamiento topográfico convencional y el generado por fotogrametría.
- Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Pardo (2018), Gonzales y Muñoz (2018), Claros, Guevara y Pacas (2016), Castillo y Escobar (2017), Robayo (2015), Dolores (2017), Quispe (2016), Taca (2015) y Sánchez (2013), quienes señalan que los levantamientos topográficos convencionales son costosos y demandan de mucho tiempo. Ello es acorde con lo que en este estudio se menciona.

VI. Conclusiones

En el Proceso Fotogramétrico

- a) Se elaboró el plan de vuelo con apoyo del software Pix4d, estableciendo un GSD de 3cm/píxel a 80 metros de altura con respecto al suelo.
- b) Los 25 puntos de control en total se determinaron mediante cálculos matemáticos y a criterio teniendo en cuenta una buena distribución espacial que evite las deformaciones en los extremos de la imagen ortorectificada.
- c) Procediendo de acuerdo a las “Especificaciones Técnicas Para la Producción de Mapas Topográficos a Escala 1:1000” desarrollado por el Instituto Geográfico Nacional – IGN. Se demuestra que el error medio cuadrático para la ortofoto es de 3.59 cm, este valor se encuentra por debajo de los 20 cm de tolerancia que menciona el IGN y al SNCP.

En el Proceso de Levantamiento Topográfico

- a) Inicialmente se determinó mediante cálculos matemáticos el factor de escala combinado, dicho valor nos ayuda a determinar los 8 puntos de control requerido para el sector catastral.
 - Valor aproximado del factor de escala combinado (K): 0.999954343
 - Diferencia aproximada entre D_{top} y D_{utm} para cada 1000 metros:
 - $D_{utm} = 999.9543 \text{ metros}$...tenemos una diferencia de 4.57 cm.

Es preciso señalar que con dicho cálculo sólo se establecerían 2 puntos de control, esto debido a que el radio de acción de 1000 metros de cada punto cubriría en su totalidad el área de investigación. Pero para evitar errores de rotación y traslación al realizar varios puntos de cambio en el futuro levantamiento, estratégicamente se adicionaron 6 puntos de control.

b) Se realizó la georreferenciación de 25 puntos geodésicos mediante tecnologías del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), las cuales se encuentran distribuidos en los Sectores Catastrales N° 07 del distrito de Chaclacayo. Cabe precisar que para el desarrollo de dicha georreferenciación, los equipos receptores satelitales GNSS han sido configurados de acuerdo a la normativa actual establecida por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), la cual precisa que el Sistema de Referencia para la georreferenciación de los puntos geodésicos en el Perú, es el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) sustentado en el Marco Internacional de Referencia Terrestre 2000 (ITRF2000) del Internacional Earth Rotation Service (IERS) para la época 2000.4, cuyos parámetros son:

- Elipsoide WGS84 equivalente al elipsoide GRS80
- Datum WGS84
- Sistema de Coordenadas Geodésicas curvilíneas.
- Sistema de Proyección Plana Universal Transversal Mercator-UTM (m).
- Elevación: Nivel medio del mar - msnm (m).
- Altura Elipsoidal - ASE (m).

- c) Se realizó el procesamiento de información de los 25 puntos de apoyo mediante el software Trimble Business Center (TBC) versión 3.5, los cuales han sido debidamente enlazados a la Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo (REGPMOC) del Instituto Geográfico Nacional (IGN), a fin de determinar parámetros geodésicos y cartográficos precisos para ser utilizados responsablemente en el proceso de levantamiento topográfico, dichos parámetros son: factores de escala, coordenadas UTM, coordenadas geodésicas y altura elipsoidal del ámbito de trabajo.
- d) Se analizó el comportamiento del factor de escala combinado mediante ecuaciones matemáticas, con la finalidad de garantizar la precisión durante el levantamiento topográfico, dicho análisis consistió en:
- Calcular el factor de escala combinado promedio (k) de uso topográfico.
 - $K=0.999951206$
 - La diferencia entre la distancia topográfica (D_{top}) y distancia UTM (D_{utm}) para cada 1000 metros.
 - $D_{utm} = 999.9512 \text{ metros}$...tenemos una diferencia de 4.88 cm.

Es preciso indicar que los cálculos realizados sirvieron para analizar el denominado factor de escala combinado, en dicho análisis se determinó que para el desarrollo del levantamiento topográfico se podría utilizar como máximo un D_{top} 1000 metros, para que el error no exceda los 5 cm.

En el Proceso de Compatibilidad y Complementariedad

- a) Se procedió a evaluar y analizar la precisión de los puntos de apoyo fotogramétrico con respecto a la ortofoto, para lo cual se extrajo las coordenadas de todas las marcas terrestres de la ortofoto y todas las coordenadas generada mediante tecnologías del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), estableciendo entre estos 2 tipos de coordenadas una distancia promedio de 0.019 m.
- b) Se procedió a evaluar la exactitud de la ortofoto teniendo como referencia el levantamiento topográfico, es decir verificando la superposición de la topografía con la ortofoto teniendo en cuenta que no haya desplazamientos o variaciones.
- c) Se evaluó la discrepancia entre los vectores generados por la topografía y la restitución fotogramétrica, obteniendo un valor promedio de 2.88 cm para todas las manzanas.

VII. Recomendaciones

- Se recomienda en el planeamiento de vuelo que el traslape en longitudinal sea mayor o igual al 80% y el transversal mayor o igual al 75% esto para evitar deformaciones y falsas perspectivas en la ortofoto.
- Se recomienda que el vuelo sea cruzado o grillado (en ambas direcciones), para evitar falsas perspectivas, inclinaciones en las edificaciones y garantizar una correcta perpendicularidad en la ortofoto.
- Se recomienda ejecutar el vuelo en lugares despejados, con vientos en calma y durante las 9 am a 3 pm, esto evitará contrastes fuertes de sombras producidos por los componentes urbanos y cuando se realice la correlación, el programa pueda hacer los emparejamientos de puntos de manera rápida y exacta
- Se recomienda que las ubicaciones de los puntos de apoyo estén correctamente distribuidas tanto al interior como al exterior de la zona a catastrar, esto con el fin evitar deformaciones en los extremos de la ortofoto.
- Se recomienda utilizar el factor de escala y un criterio adecuado para determinar la cantidad de puntos de control, esto para evitar desplazamientos de traslaciones y/o rotaciones en la horizontal al momento de realizar el levantamiento topográfico.
- Se recomienda el uso de esta metodología de levantamiento, en los gobiernos locales, regionales, empresas privadas y personales, debido a que reducen tanto en costos como en tiempo la generación de cartografía con fines de catastro urbano manteniendo los estándares de calidad.

VIII. Referencias

- Arozena V. A. (2006). *Sistemas de captura y análisis de la información territorial. Curso Topografía, Cartografía y Geodesia Universidad Politécnica de Madrid.* (1era ed.). España. 42 pág.
- Barrientos, J. del Cerro, P. Gutiérrez, R. San Martín, A. Martínez, C. Rossi (2015) *Vehículos aéreos no tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones.* (1era ed.). Madrid. 5 pág.
- Bernard O Binns, Sir y Peter F Dale. (1996). *Los Levantamientos Catastrales y el de la Propiedad de la Tierra.* (1era ed.). EE.UU. 15 pág.
- COFOPRI – Subdirección de Geodesia y Topografía (2010). *Manual de Normas y Especificaciones Técnicas para Levantamientos Topográficos de precisión.* Lima. 11 pág.
- Control de maquinarias, <http://www.geincor.com/>
- De Sanjose, J., Martínez, E., & López, M., (2009) *Topografía para Estudios de Grado* (2da ed.). Madrid: Bellisco. 450 pág.
- Herrera Rosado Ralfo, (2015). *Geodesia Satelital* (1ra ed.). Lima Perú. 52 Pág.
- Instituto Geográfico Nacional – Dirección de Normalización (2011). *Especificaciones Técnicas para la Producción de Cartografía Básica Escala 1:1000.* Lima. 24 pág.
- Instituto Geográfico Nacional – Dirección de Geodesia (2016). *Especificaciones Técnicas para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global.* Lima. 47 pág.
- Irineu da Silva, Paulo C. Lima, (2015) *Topografía para Engenharia* (1era ed.). Río de Janeiro. 544 pág.
- Ivars, L. (2013) *Geotecnologías aplicadas a levantamientos catastrales y cartografía catastral urbana.* Argentina: Córdoba. 82 pág.
- Leonardo B. Ivars, (2013) *Geo tecnologías aplicadas a levantamientos catastrales y cartografía catastral urbana.* (2da ed.). Argentina. 16 pág.
- Martin, A. (1990) *Geodesia y Cartografía Matemática* (3ra ed.). España: Madrid. 422 pág.
- Núñez-García, A.; Valbuena, J.L.; Velasco, J. (1992) *GPS La Nueva Era de la Topografía.* Ediciones de las Ciencias Sociales, S.A. Madrid. 236 pág.
- Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) <http://www.sirgas.org/>
- Trimble® (2009). *Guía de usuario Trimble R7 GNSS.* Estados Unidos. 106 pág.
- Zepeda, R. y Ortiz, D. (2006) *Deformación de distancias horizontales en la proyección UTM.* MUNDOGEO, 2-3 pág
- Zúñiga, W. (2010) *Geomática I.* Grupo Universitario. Lima. 113 pág.

IX. ANEXOS

9.1 Plano: Ubicación del Sector Catastral N° 07 en el Distrito de Chaclacayo

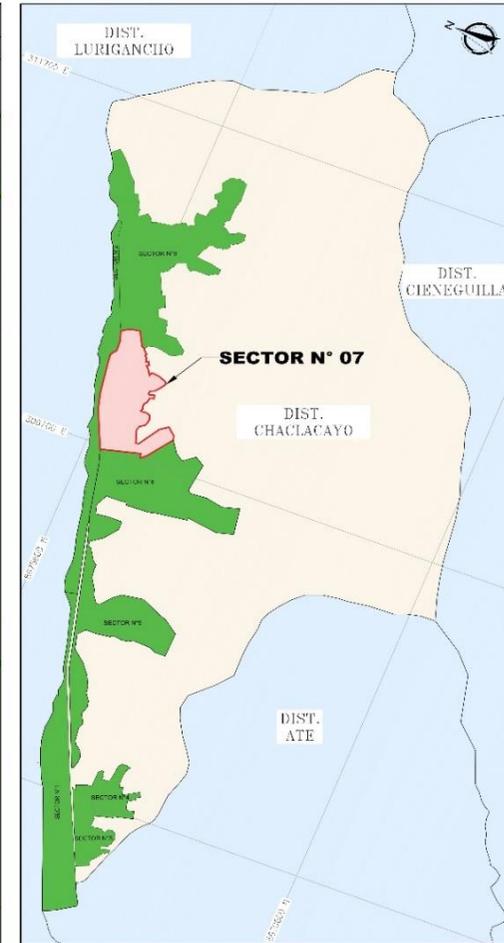
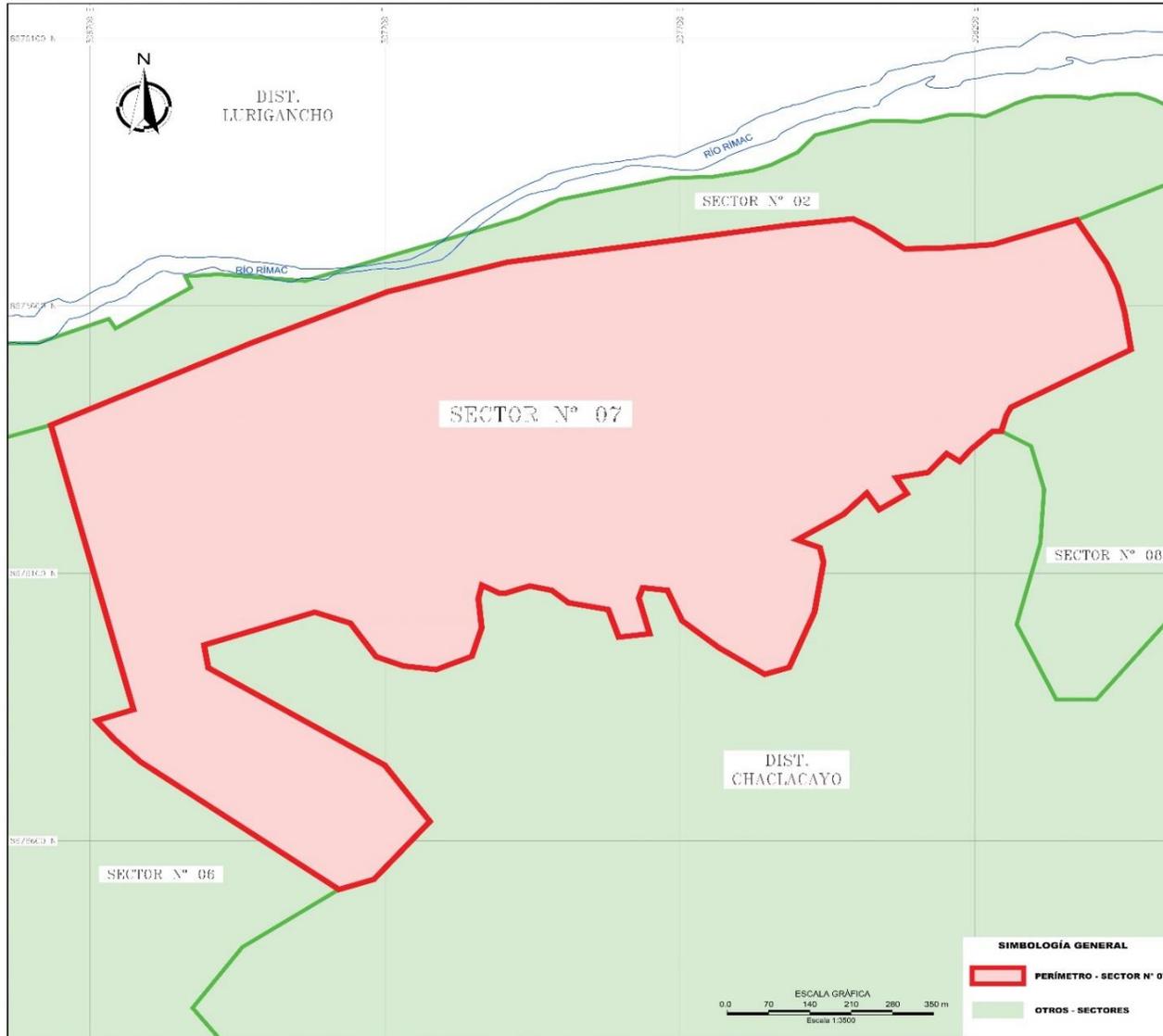
9.2 Reportes del post procesamiento

9.3 Cuadro de Datos Técnicos

9.4 Plano: Distribución de puntos geodésicos en el Sector Catastral N° 07 del distrito de Chaclacayo.

9.5 Plano topográfico del Sector Catastral N° 07 del distrito de Chaclacayo.

9.6 Plano General Catastral Sector N° 07 del distrito de Chaclacayo.



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ESCUELA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA

TÍTULO: GENERACION DE CARTOGRAFIA BASICA PARA CATASTRO URBANO UTILIZANDO FOTOGRAMETRIA CON DRON COMPLEMENTADO CON EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE CHACLACAYO

PLAZA: UBICACION DEL SECTOR CATASTRAL N° 07 DISTRITO DE CHACLACAYO

ELABORÓ POR: JEAN CARLOS CALDERON ZUNIGA
REVISÓ POR: ING. GLADYS ROJAS LEON

COFOPRI: EPIFM
Escala: 1/3 500
SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18S
WGS84

Folio: P - 01



Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:	D:\tesis\Catastro\PROYECTOS\TBC\PUNTOS DE CONTROL TOTALES.vce	Nombre:	World wide/UTM
Tamaño:	1 MB	Datum:	WGS 1984
Modificado/a:	11/04/2019 11:17:15 p.m. (UTC:-5)	Zona:	18 South
Zona horaria:	Hora est. Pacífico, Sudamérica	Geoide:	
Número de referencia:		Datum vertical:	
Descripción:			

Lista de vectores

Nivel de confianza de la precisión: 95%								
ID vector	ID del punto de origen	Al ID punto	Tipo de solución	Hora de inicio	Duración	Precisión h (Metro)	Precisión v (Metro)	Dist. elip. (Metro)
PV14	BASE CHCL	CHCL49	Fija	Segundos intercalados inválidos	01:05:35	0.003	0.005	937.370
PV17	BASE CHCL	CHCL48	Fija	Segundos intercalados inválidos	01:02:06	0.002	0.006	630.570
PV20	BASE CHCL	PFC03	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:34:21	0.006	0.010	2312.271
PV24	BASE CHCL	PFC08	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:37:39	0.003	0.006	1354.029
PV42	BASE CHCL	PFC02	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:41:51	0.010	0.010	2256.776
PV45	BASE CHCL	PFC01	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:53:44	0.005	0.006	2016.155
PV47	BASE CHCL	PFC05	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:46:23	0.006	0.015	1724.633
PV49	BASE CHCL	PFC07	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:30:03	0.004	0.007	1582.481
PV66	BASE CHCL	CHCL55	Fija	Segundos intercalados inválidos	01:10:56	0.005	0.005	1515.124

ID vector	ID del punto de origen	AI ID punto	Tipo de solución	Hora de inicio	Duración	Precisión h (Metro)	Precisión v (Metro)	Dist. elip. (Metro)
PV70	BASE CHCL	CHCL50	Fija	Segundos intercalados inválidos	01:01:34	0.003	0.007	970.834
PV73	BASE CHCL	CHCL52	Fija	Segundos intercalados inválidos	01:01:08	0.003	0.006	1292.960
PV77	BASE CHCL	CHCL47	Fija	Segundos intercalados inválidos	01:01:41	0.002	0.004	562.028
PV90	BASE CHCL	CHCL51	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:52:58	0.004	0.007	1284.680
PV99	BASE CHCL	CHCL53	Fija	Segundos intercalados inválidos	01:01:07	0.008	0.008	1227.966
PV105	BASE CHCL	CHCL45	Fija	Segundos intercalados inválidos	01:02:13	0.003	0.008	565.171
PV111	BASE CHCL	PFC09	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:30:10	0.006	0.011	1541.192
PV25	BASE CHCL2	PFC11	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:51:25	0.003	0.008	471.732
PV28	BASE CHCL2	PFC10	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:31:44	0.003	0.003	162.934
PV34	BASE CHCL2	PFC13	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:33:22	0.003	0.003	323.025
PV37	BASE CHCL2	PFC14	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:34:53	0.004	0.005	697.310
PV38	BASE CHCL2	PFC17	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:47:28	0.003	0.005	1037.668
PV39	BASE CHCL2	PFC18	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:43:20	0.003	0.005	991.147
PV51	BASE CHCL2	PFC12	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:47:17	0.003	0.008	571.368
PV58	BASE CHCL2	PFC15	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:40:38	0.003	0.005	580.645

ID vector	ID del punto de origen	Al ID punto	Tipo de solución	Hora de inicio	Duración	Precisión h (Metro)	Precisión v (Metro)	Dist. elip. (Metro)
PV62	BASE CHCL2	PFC16	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:40:21	0.003	0.005	1041.781
PV93	BASE CHCL2	PFC19	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:42:41	0.002	0.004	817.579

Fecha:12/04/2019 08:17:58 p.m.	Proyecto:D:\tesis\Catastro\PROYECTOS\TBC\PUNTOS DE CONTROL TOTALES.vce	Trimble Business Center
--------------------------------	--	-------------------------

PUNTOS DE CONTROL HORIZONTAL PARA APLICACIONES TOPOGRÁFICAS

UBICACIÓN:

Localidad : SECTOR CATASTRAL 07
 Distrito : CHACLACAYO,
 Provincia : LIMA
 Departamento : LIMA

SISTEMA DE REFERENCIA:

Elipsoide : GR580
 Datum : WGS 84
 Proyección : Universal Transversal Mercator - UTM
 Modelo Goidal: EGM2008 1'x1'

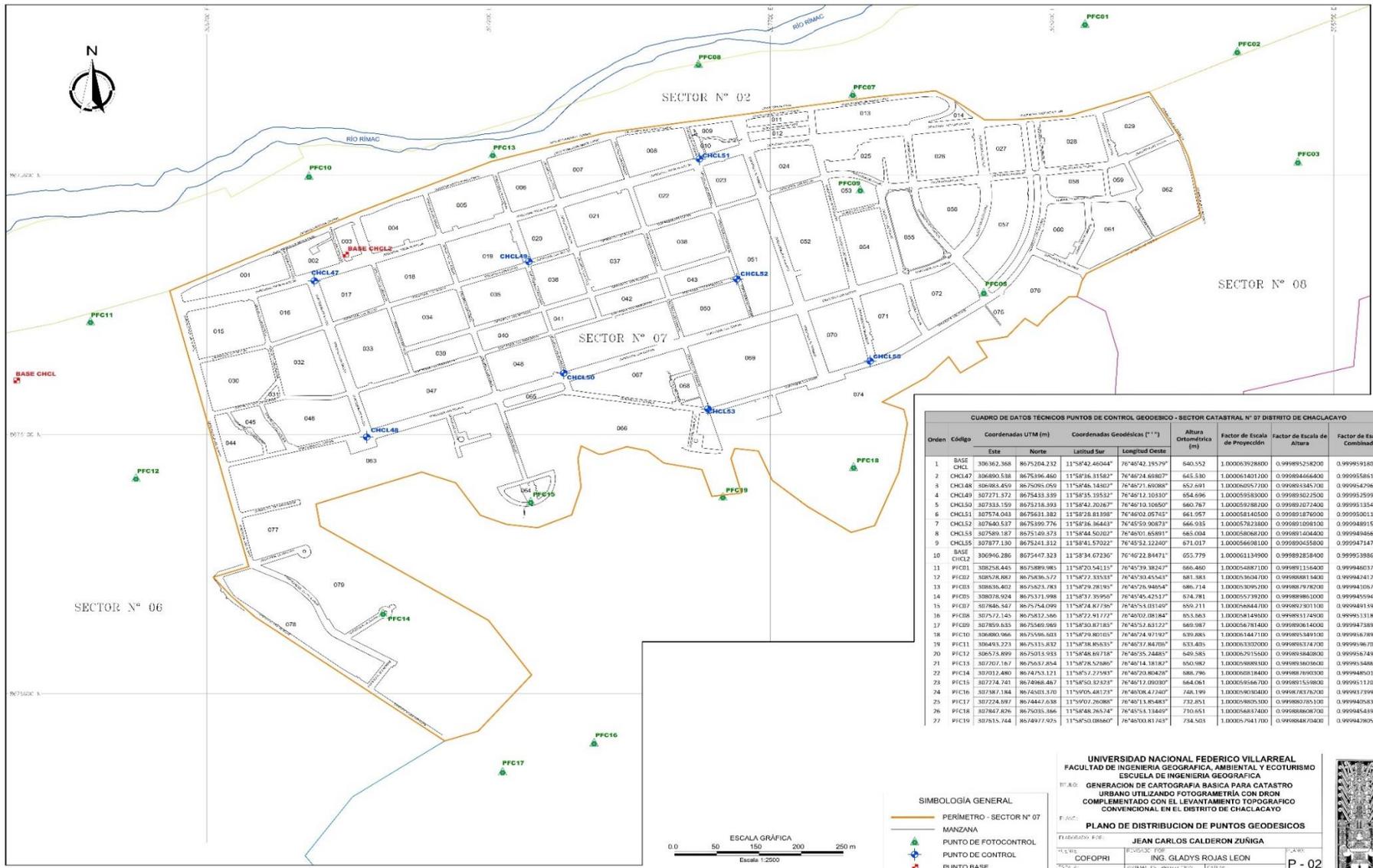
DATOS ADICIONALES

Receptor Satelital Trimble, Modelo:R7 GNSS
 Software de Posproceso: Trimble Business Center2.40

Zona UTM: 18 Meridiano Central (MC): 75
 Banda UTM: L

CUADRO TÉCNICO DE COORDENADAS GEODÉSICAS Y PROYECTADAS

Orden	Código	Coordenadas UTM (m)		Coordenadas Geodésicas (° ' ")		Altura (m) Elipsoidal	Altura (m) Ortométrica	Factor de Escala de Proyección	Factor de Escala de Altura	Factor de Escala Combinado	Localización	Observación
		Este	Norte	Latitud Sur	Longitud Oeste							
1	BASE CHCL	306362.368	8675204.232	11°58'42.46044"	76°46'42.19579"	668.224	640.552	1.000063928800	0.999895258200	0.999959180300	Sector Catastral 07/Chaclacayo/Lima	Punto base de control horizontal 1 para topografía
2	CHCL47	306890.538	8675396.460	11°58'36.31582"	76°46'24.69807"	673.276	645.530	1.000061401200	0.999894466400	0.999955861200	Sector Catastral 07/Chaclacayo/Lima	Punto monumentado visible con CHCL48
3	CHCL48	306983.459	8675095.059	11°58'46.14302"	76°46'21.69088"	680.426	652.691	1.000060957200	0.999893345700	0.999954296400	Sector Catastral 07/Chaclacayo/Lima	Punto monumentado visible con CHCL47
4	CHCL49	307271.372	8675433.339	11°58'35.19532"	76°46'12.10310"	682.489	654.696	1.000059583000	0.999893022500	0.999952599100	Sector Catastral 07/Chaclacayo/Lima	Punto monumentado visible con CHCL50
5	CHCL50	307333.159	8675218.393	11°58'42.20267"	76°46'10.10650"	688.551	660.767	1.000059288200	0.999892072400	0.999951354200	Sector Catastral 07/Chaclacayo/Lima	Punto monumentado visible con CHCL49
6	CHCL51	307574.043	8675631.382	11°58'28.81398"	76°46'02.05745"	689.798	661.957	1.000058140500	0.999891876900	0.999950011200	Sector Catastral 07/Chaclacayo/Lima	Punto monumentado visible con CHCL52
7	CHCL52	307640.537	8675399.776	11°58'36.36443"	76°45'59.90873"	694.767	666.935	1.000057823800	0.999891098100	0.999948915600	Sector Catastral 07/Chaclacayo/Lima	Punto monumentado visible con CHCL51
8	CHCL53	307589.187	8675149.373	11°58'44.50202"	76°46'01.65891"	692.813	665.004	1.000058068200	0.999891404400	0.999949466300	Sector Catastral 07/Chaclacayo/Lima	Punto monumentado visible con CHCL55
9	CHCL55	307877.130	8675241.312	11°58'41.57022"	76°45'52.12240"	698.865	671.017	1.000056698100	0.999890455800	0.999947147700	Sector Catastral 07/Chaclacayo/Lima	Punto monumentado visible con CHCL53
10	BASE CHCL2	306946.286	8675447.323	11°58'34.67236"	76°46'22.84471"	683.535	655.779	1.000061134900	0.999892858400	0.999953986700	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto base de control horizontal 2 para vuelo del dron
11	PFC01	308258.445	8675889.985	11°58'20.54115"	76°45'39.38247"	694.395	666.460	1.000054887100	0.999891156400	0.999946037600	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol
12	PFC02	308528.882	8675836.572	11°58'22.33533"	76°45'30.45543"	709.344	681.383	1.000053604700	0.999888813400	0.999942412100	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol
13	PFC03	308636.402	8675623.783	11°58'29.28195"	76°45'26.94654"	714.673	686.714	1.000053095200	0.999887978200	0.999941067500	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol
14	PFC05	308078.924	8675371.998	11°58'37.35956"	76°45'45.42517"	702.661	674.781	1.000055739200	0.999889861000	0.999945594000	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol
15	PFC07	307846.347	8675754.099	11°58'24.87736"	76°45'53.03149"	687.091	659.211	1.000056844700	0.999892301100	0.999949139700	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol
16	PFC08	307572.145	8675812.566	11°58'22.91772"	76°46'02.08184"	681.516	653.663	1.000058149600	0.999893174900	0.999951318300	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol
17	PFC09	307859.635	8675569.969	11°58'30.87185"	76°45'52.63122"	697.856	669.987	1.000056781400	0.999890614000	0.999947389200	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol
18	PFC10	306880.966	8675596.603	11°58'29.80105"	76°46'24.97192"	667.644	639.885	1.000061447100	0.999895349100	0.999956789800	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol
19	PFC11	306493.223	8675315.832	11°58'38.85635"	76°46'37.84706"	661.100	633.405	1.000063302000	0.999896374700	0.999959670200	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol
20	PFC12	306573.899	8675013.933	11°58'48.69718"	76°46'35.24485"	677.268	649.585	1.000062915600	0.999893840800	0.999956749700	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol
21	PFC13	307207.167	8675637.854	11°58'28.52686"	76°46'14.18182"	678.781	650.982	1.000059889300	0.999893603600	0.999953486600	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol
22	PFC14	307012.480	8674753.121	11°58'57.27593"	76°46'20.80428"	716.511	688.796	1.000060818400	0.999887690300	0.999948501800	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol
23	PFC15	307274.741	8674968.467	11°58'50.32323"	76°46'12.09030"	691.821	664.061	1.000059566700	0.999891559800	0.999951120000	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol
24	PFC16	307387.184	8674503.370	11°59'05.48123"	76°46'08.47240"	775.940	748.199	1.000059030400	0.999878376200	0.999937399400	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol
25	PFC17	307224.697	8674447.638	11°59'07.26088"	76°46'13.85483"	760.570	732.851	1.000059805300	0.999880785100	0.999940583200	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol
26	PFC18	307847.826	8675035.366	11°58'48.26574"	76°45'53.13449"	710.651	710.651	1.000056837400	0.999888608700	0.999945439800	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol
27	PFC19	307615.744	8674977.925	11°58'50.08660"	76°46'00.81743"	734.503	734.503	1.000057941700	0.999884870400	0.999942805500	Sector Catastral 7/Chaclacayo/Lima	Punto de fotocontrol



CUADRO DE DATOS TÉCNICOS PUNTOS DE CONTROL GEODESICO - SECTOR CATASTRAL N° 07 DISTRITO DE CHACABUCO

Orden	Código	Coordenadas de UTM (m)		Coordenadas Geodésicas (° ' ")		Altura Ortométrica (m)	Factor de Escala de Proyección	Factor de Escala de Altura	Factor de Escala Combinado
		Este	Norte	Latitud Sur	Longitud Oeste				
1	BASE CHCL	306462.388	8675204.232	11°58'42.46044"	76°48'42.19579"	640.552	1.000053928800	0.999892528200	0.999991910300
2	CHCL47	306980.538	8675396.460	11°58'36.31580"	76°48'24.69807"	645.530	1.000061401200	0.999894666400	0.9999915861200
3	CHCL48	306983.459	8675095.050	11°58'46.14807"	76°48'23.60980"	652.691	1.000060957300	0.999893485700	0.999994296400
4	CHCL49	307271.272	8675433.839	11°58'35.39527"	76°48'12.10510"	654.696	1.000059593000	0.9998936212500	0.999992591000
5	CHCL50	307333.159	8675118.393	11°58'42.20267"	76°48'10.10650"	660.767	1.000059388200	0.999893277400	0.999991354200
6	CHCL51	307574.043	8675631.382	11°58'28.81398"	76°48'02.05745"	661.957	1.000058140500	0.999893167600	0.99999101200
7	CHCL52	307640.537	8675990.776	11°58'38.36443"	76°45'50.90873"	666.035	1.000057233400	0.999891098100	0.9999948915600
8	CHCL53	307589.187	8675149.373	11°58'44.50207"	76°48'01.45891"	665.034	1.000058968100	0.999893248400	0.999994068300
9	CHCL55	307877.130	8678241.312	11°58'41.57022"	76°45'52.12460"	671.017	1.000056908100	0.999892045500	0.999994714700
10	BASE CHCL2	306946.286	8675447.323	11°58'34.07280"	76°48'22.84471"	655.779	1.000061149000	0.999892858400	0.999993986700
11	PFC01	308258.445	8675889.985	11°58'20.54115"	76°45'39.38247"	666.480	1.000054887100	0.999891156400	0.999994017600
12	PFC02	308258.489	8675836.572	11°58'22.53531"	76°45'30.45543"	681.583	1.000053604700	0.999890813400	0.999994017100
13	PFC03	308636.402	8678223.783	11°58'29.28193"	76°45'26.94854"	686.714	1.000053095200	0.999891797800	0.999994109700
14	PFC05	308076.924	8675311.998	11°58'37.39560"	76°45'45.42517"	674.781	1.000055739200	0.999898961000	0.9999945994000
15	PFC07	307486.447	8675744.099	11°58'34.87287"	76°45'53.03149"	659.211	1.000056444200	0.999892901100	0.999994919700
16	PFC08	307572.145	8675912.586	11°58'22.91727"	76°48'02.08184"	655.863	1.000058149600	0.999893174900	0.999994318300
17	PFC09	307895.635	8675660.989	11°58'30.87185"	76°45'52.63122"	669.987	1.000056781400	0.999893061400	0.999994738900
18	PFC10	308080.966	8675586.903	11°58'29.80105"	76°48'24.97192"	639.865	1.000061447100	0.999893349100	0.999994879800
19	PFC11	306493.223	8675315.832	11°58'38.86935"	76°48'37.84970"	633.405	1.000063020000	0.999893747000	0.999994967000
20	PFC12	308575.899	8675013.933	11°58'48.89718"	76°48'35.74885"	649.585	1.000060515500	0.999893680300	0.999994749700
21	PFC13	307267.167	8675687.854	11°58'28.52880"	76°48'14.18182"	650.982	1.000058988300	0.999893803600	0.999994548600
22	PFC14	307012.480	8674763.121	11°58'37.27593"	76°48'20.80428"	686.796	1.000060818400	0.999893690300	0.999994850100
23	PFC15	307274.741	8674968.447	11°58'50.32323"	76°48'12.09030"	644.061	1.000058586700	0.999891559800	0.999991110000
24	PFC16	307487.184	8674503.370	11°58'54.48123"	76°48'04.47467"	746.199	1.000059268400	0.999892876200	0.999993799400
25	PFC17	307224.097	8674442.638	11°59'07.29608"	76°48'13.85488"	732.851	1.000059689300	0.999890785100	0.999994058300
26	PFC18	307847.826	8675035.386	11°58'48.26574"	76°45'53.13449"	710.651	1.000058837400	0.999898668700	0.999994549800
27	PFC19	307615.744	8674977.925	11°58'50.08860"	76°48'00.81743"	734.503	1.000057641700	0.999894870400	0.999994280500

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ESCUELA DE INGENIERIA GEOGRAFICA

IT-R-0: **GENERACION DE CARTOGRAFIA BASICA PARA CASTRATO URBANO UTILIZANDO FOTOGRAMETRIA CON DRON COMPLEMENTADO CON EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE CHACABUCO**

F. AUT: **PLANO DE DISTRIBUCION DE PUNTOS GEODESICOS**

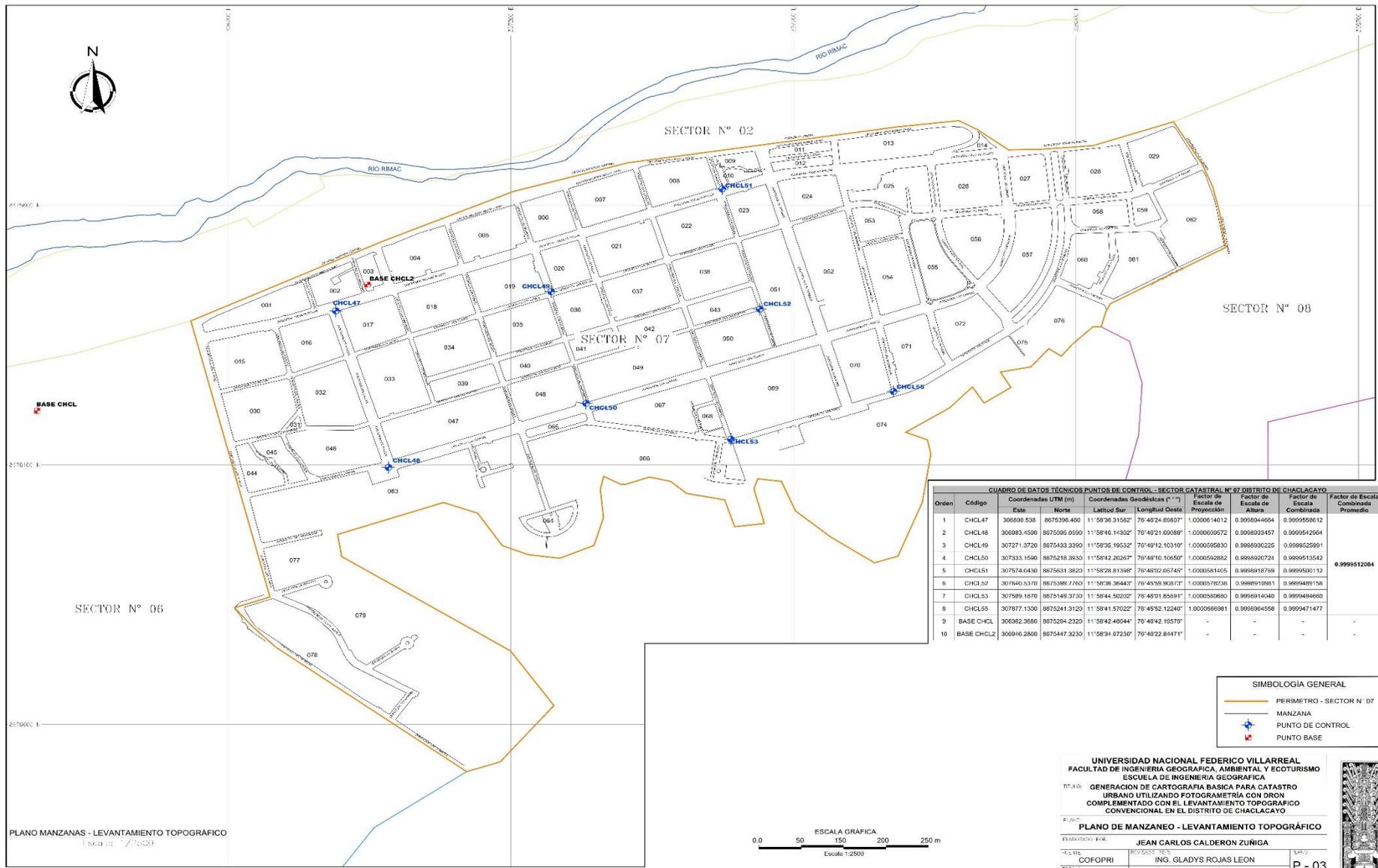
Elaborado por: **JEAN CARLOS CALDERON ZUÑIGA**

Corrección: **ING. GLADYS ROJAS LEON**

ESCALA: **1/2 500** UTM ZONA 18S WGS84

P - 02





CUADRO DE DATOS TÉCNICOS PUNTOS DE CONTROL - SECTOR CATASTRAL N° 07 DISTRITO DE CHACLAYO

Orden	Código	Coordenadas UTM (m)		Coordenadas Geodésicas (° ' ")		Factor de Escala de Proyección	Factor de Escala de Altura	Factor de Escala Combinada	Factor de Escala Combinada Promedio
		Este	Norte	Latitud Sur	Longitud Oeste				
1	CHCL47	306090.538	8875396.450	11°58'36.31582"	76°48'24.89827"	1.000004012	0.9898944064	0.9999950612	
2	CHCL48	306093.4500	8875306.0500	11°58'46.14302"	76°48'21.82068"	1.000006072	0.9898933457	0.9999942064	
3	CHCL49	307271.3720	8875433.3300	11°58'35.16532"	76°48'12.10310"	1.000005930	0.9898932235	0.9999952591	
4	CHCL50	307333.1590	8875278.3830	11°58'42.26267"	76°48'10.10650"	1.0000059282	0.9898920724	0.98999513542	
5	CHCL51	307574.0430	8875631.3820	11°58'28.81388"	76°48'02.85745"	1.00000581405	0.9898918738	0.9899930112	
6	CHCL52	307640.5370	8875388.7760	11°58'36.36443"	76°48'09.80873"	1.00000578238	0.9898918881	0.98999489156	
7	CHCL53	307889.1670	8875149.3730	11°58'44.56202"	76°48'01.85881"	1.00000580680	0.9898914040	0.98999484060	
8	CHCL55	307877.1300	8875241.3120	11°58'41.57022"	76°48'52.12240"	1.00000566081	0.9898904558	0.98999471477	0.99999512084
9	BASE CHCL	300362.3080	8875204.2320	11°58'42.48044"	76°48'42.19570"	-	-	-	-
10	BASE CHCL2	306946.2860	8875447.3230	11°58'34.87230"	76°48'22.84471"	-	-	-	-

SIMBOLOGÍA GENERAL

- PERIMETRO - SECTOR N° 07
- MANZANA
- PUNTO DE CONTROL
- PUNTO BASE

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA DE INGENIERIA GEOGRAFICA

TÍTULO: GENERACION DE CARTOGRAFIA BASICA PARA CATASTRO URBANO UTILIZANDO FOTOGAMETRIA CON DRON COMPLEMENTADO CON EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE CHACLAYO

PLANO: PLANO DE MANZANERO - LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

ELABORADO POR: JEAN CARLOS CALDERON ZUÑIGA

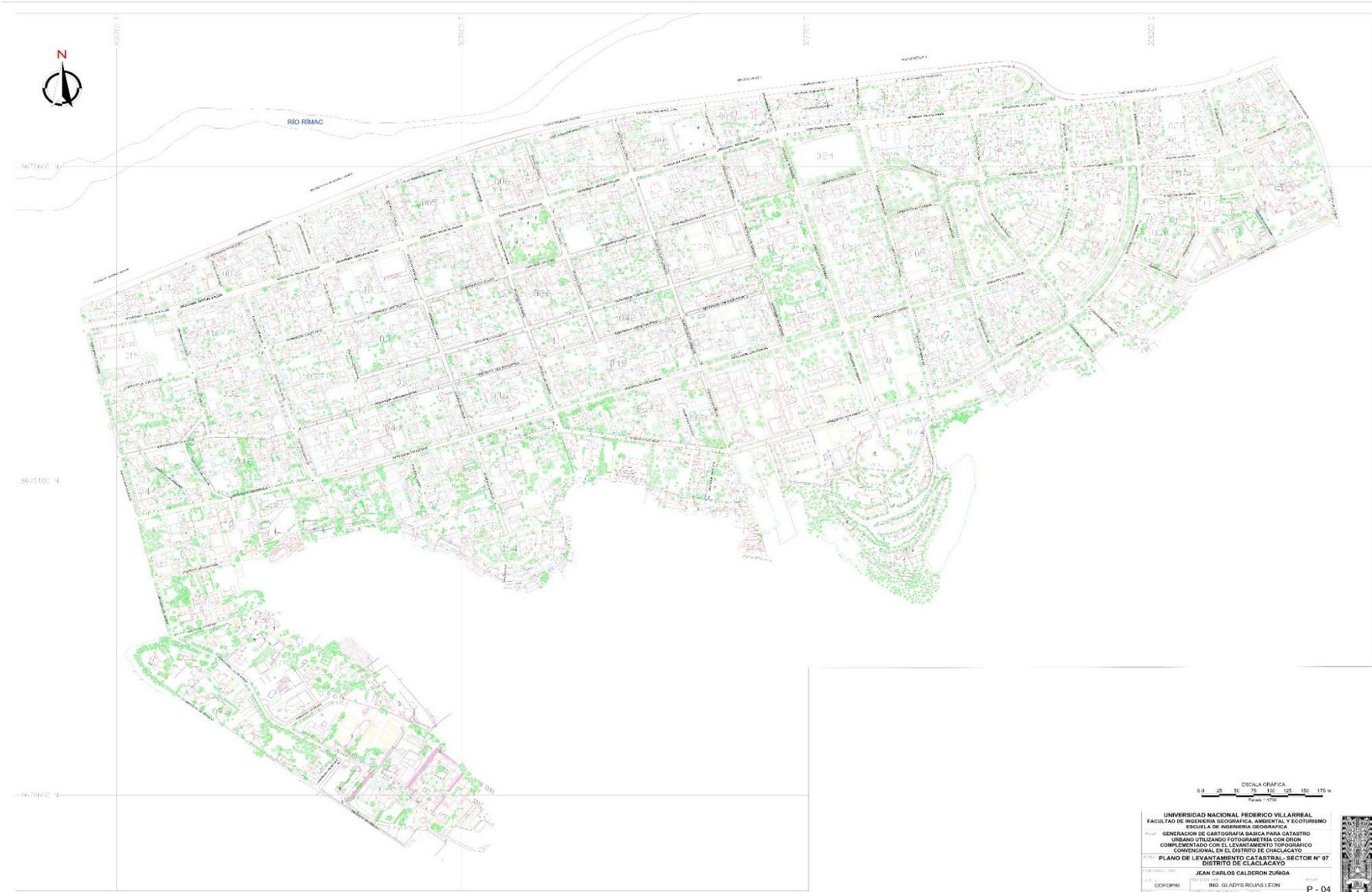
TÍTULO: COFOPRI ING. GLADYS ROJAS LEON

ESCALA: 1/2 500 UTM ZONA 18S WGS84

P - 03



PLANO MANZANAS - LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO			
ESCUELA DE INGENIERIA GEOGRAFICA			
GENERACION DE CARTOGRAFIA BASICA PARA CATASTRO			
URBANO UTILIZANDO FOTOGRAMETRIA CON DRON			
COMPLEMENTADO CON EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO			
CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE CALLACAYO			
PLAN DE LEVANTAMIENTO CATASTRAL - SECTOR N° 07			
DISTRITO DE CALLACAYO			
JEAN CARLOS CALDERON ZUNIGA			
COORDINADO POR	ING. GLADYS RIQUELME	REVISADO POR	P - 04
ESCALA	1:1 750	UTM ZONA	18S WGS84

