



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL

“TOPOGRAFÍA PRÁCTICA PARA ESTUDIANTES DE
INGENIERÍA CIVIL”

AUTORES:

LUIS JAVIER LASLUISA
JENNIFER FERNANDA MENESES

DIRECTOR:

ING. RAMIRO ERAZO HERNÁNDEZ

QUITO, 2022

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado para mi familia, en especial para mi madre la cual me guio en todo el camino brindándome su apoyo, forjando mi carácter y evitando que me derrumbara, a mi hermana que supo escucharme y alentarme a continuar por este camino y a Samy que fue el motivo principal para estudiar y trabajar en lo que me gusta y ser un ejemplo en su vida.

No puedo dejar de mencionar a familiares y amigos que confiaron en mí y que siempre me brindaron su apoyo para seguir adelante.

Esto es para ustedes Luisa, Patricia y Samy los pilares más importantes en mi vida.

Luis Javier Lasluisa

A mis padres Fernando y Edith por haber sido mi soporte y apoyo incondicional a lo largo de esta etapa de estudio e inculcar en mí el deseo de superación y lucha, por haber estado conmigo en los momentos difíciles sin dejar de creer en mí, porque con su amor, esfuerzo y entrega han sabido guiarme por el camino correcto para lograr cristalizar este sueño que nació años atrás. Este trabajo es por y para ustedes, mi mayor motivación y orgullo.

Jennifer Fernanda Meneses

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios por darme la fuerza y conocimiento para culminar esta etapa de mi vida, a la PUCE ya que en sus aulas conocí a grandes profesionales, amigos y profesores.

Como olvidar a ASTEC y VIETIC, a esas 2 empresas que me abrieron las puertas para formar parte de sus equipos de trabajo, dándome la confianza necesaria para manejar múltiples proyectos en diferentes ramas de la ingeniería mis sinceros agradecimientos por todo lo aprendido y vivido.

Luis Javier Lasluisa

A Dios, porque ni una hoja de un árbol se mueve sin su voluntad, y ha sido su deseo ponerme en el lugar y el camino correcto para que el día de hoy me encuentre culminando esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres, por sus consejos y palabras de aliento, por su comprensión y confianza, por motivarme a dar lo mejor de mí y seguir adelante. Nunca serán suficientes las palabras para agradecerles por todo lo que han hecho y continúan haciendo por mí.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, en especial a la Facultad de Ingeniería por haberme abierto sus puertas y permitirme desarrollar como persona y como profesional. Mi más sincero agradecimiento a cada uno de los docentes y amigos por su paciencia, esfuerzo y generosidad al transmitirnos todo su conocimiento y experiencias en el campo profesional.

Jennifer Fernanda Meneses

RESUMEN

Debido al avance vertiginoso de la tecnología en la actualidad, la Ingeniería Civil no está apartada de estos cambios, especialmente en el área de la topografía, la cual presenta muchos temas que sin la cartografía y geodesia no se pueden validar, es por eso que es necesario conocer los métodos topográficos y cartográficos, que se pueden utilizar para cada etapa dentro de la planificación de los proyectos dependiendo el tipo e importancia de los mismos.

Debemos considerar que el día de hoy ya hablamos de topografía computarizada, en la cual se utiliza herramientas y equipos de medición mucho más modernos que van mejorando día a día y que van desplazando a la topografía tradicional, la que a pesar de todos estos avances no deja y no dejara de existir, pues el nivel de precisión y confianza que brindan han evitado que desaparezca y se mantenga su uso en las etapas más críticas de los proyectos.

En el presente trabajo de titulación se revisaran una parte teórica de los SIG y cartografía, la cual nos servirá para el correcto entendimiento de los métodos topográficos que serán analizados y que abarcan desde la generación de modelos de superficie al ser obtenidos desde modelos DEM que se encuentran en internet, restitución fotogramétrica, puntos de control GNSS, topografía tradicional, aerofotogrametría con drones, replanteo topográfico y también normas a ser aplicadas en estos trabajos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
CAPÍTULO I.....	13
1. GENERALIDADES	13
1.1. <i>Introducción</i>	13
1.2. <i>Justificación</i>	14
1.3. <i>Alcance</i>	15
1.4. <i>Planteamiento del problema</i>	15
1.5. <i>Objetivos</i>	16
1.5.1. Objetivo general.....	16
1.5.2. Objetivos específicos.....	16
CAPÍTULO II.....	17
2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. <i>Geodesia</i>	17
2.1.1. Definición y ramas.....	17
2.1.2. Categorización de la geodesia.....	18
2.1.3. Importancia	18
2.2. <i>Topografía</i>	19
2.2.1. Origen.....	19
2.2.2. Definición	19
2.2.3. Importancia	20
2.2.4. Uso y aplicaciones.....	21
2.3. <i>Sistemas de información geográfica</i>	23
2.3.1. Importancia	23
2.3.2. Definición	24
2.3.3. Componentes de los SIG	25
2.4. <i>Conceptos geodésicos básicos</i>	26
2.4.1. Sistema de referencia.....	26
2.4.2. Marco de referencia.....	27
2.4.3. Datum geodésico	27
2.4.4. Superficie de referencia.....	28
2.4.5. Geoide.....	28

2.4.6.	Elipsoide de referencia	29
2.4.7.	Relación entre geoide, elipsoide y superficie terrestre.....	29
2.4.8.	Proyecciones cartográficas.....	30
2.4.8.1.	Tipos de proyecciones	31
2.4.8.2.	Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM).....	31
2.4.9.	Sistemas de coordenadas.....	33
2.4.9.1.	Coordenadas geográficas.....	33
2.4.9.2.	Coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM).....	34
2.5.	<i>Sistema geodésico de referencia del Ecuador</i>	35
2.5.1.	Red geodésica horizontal.....	35
2.5.1.1.	Datum Provisional para Suramérica de 1956 (PSAD56).....	35
2.5.1.2.	Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS).....	36
2.5.2.	Parámetros de transformación.....	36
2.5.3.	Red geodésica vertical.....	37
2.5.3.1.	Modelos geoidales utilizados en Ecuador.....	38
2.5.4.	Sistemas de referencia locales.....	41
2.5.4.1.	Sistema de referencia espacial para el Distrito Metropolitano de Quito – SIRES-DMQ.....	41
2.5.4.2.	Sistema de referencia espacial Municipio de Rumiñahui	41
2.5.4.3.	Sistemas de referencia espacial TM Guayaquil.....	42
CAPÍTULO III.....		43
3.	MÉTODOS TOPOGRÁFICOS Y CARTOGRÁFICOS	43
3.1.	<i>Puntos de control GNSS</i>	45
3.1.1.	Generalidades.....	45
3.1.2.	Métodos de posicionamiento.....	50
3.1.2.1.	Métodos de posicionamiento según observables.....	50
3.1.2.2.	Métodos de posicionamiento con postproceso	51
3.1.2.3.	Métodos de posicionamiento en tiempo real	55
3.1.3.	Utilización de los métodos de posicionamiento en trabajos de campo.....	55
3.1.3.1.	Sistemas Estáticos.....	55
3.1.3.2.	Sistemas Dinámicos.....	56
3.1.4.	Control vertical	56
3.1.4.1.	Utilidad del control vertical.....	57
3.1.5.	Recomendaciones generales.....	57
3.1.6.	Información mínima requerida para postproceso y revisión.....	59
3.2.	<i>Topografía tradicional</i>	60
3.2.1.	Poligonal de precisión	60
3.2.1.1.	Levantamientos mediante poligonales.....	60
3.2.1.2.	Tipos de poligonal	62
3.2.1.3.	Control vertical de la poligonal.....	64
3.2.1.4.	Cálculo de errores.....	64
3.2.1.5.	Precisión horizontal de la poligonal.....	65
3.2.1.6.	Precisión vertical de la poligonal	66
3.2.1.7.	Recomendaciones generales.....	66
3.2.1.8.	Información mínima requerida para elaboración y revisión	67

3.2.2.	Levantamientos topográficos	67
3.2.2.1.	Tipos de levantamientos topográficos	67
3.2.2.2.	Generación de modelo digital de terreno con puntos generados en campo.....	68
3.2.2.3.	Precisión de información.....	69
3.2.2.4.	Recomendaciones generales.....	70
3.2.2.5.	Información mínima requerida para elaboración y revisión	72
3.3.	<i>Escáner láser</i>	72
3.3.1.	Generalidades.....	72
3.3.1.1.	Escáner Laser Terrestre	73
3.3.1.2.	Escáner Laser Aéreo.....	74
3.3.2.	Uso y aplicación	75
3.4.	<i>Restitución aerofotogramétrica</i>	76
3.4.1.	Generalidades.....	76
3.4.2.	Metodología utilizada.....	76
3.4.3.	Uso y aplicación	77
3.5.	<i>Fotogrametría con drones</i>	77
3.5.1.	Generalidades.....	77
3.5.2.	Introducción al uso de drones.....	78
3.5.2.1.	Partes o componentes de un dron.....	78
3.5.2.2.	Clasificación por tipo de ala.....	80
3.5.3.	Altimetría.....	83
3.5.4.	Método de toma de información	84
3.5.5.	Uso y aplicación	88
3.5.6.	Limitaciones en el uso de drones en topografía.	88
3.5.7.	Recomendaciones generales.....	89
3.6.	<i>Replanteo topográfico</i>	89
3.6.1.	Generalidades.....	89
3.6.2.	Tipos de replanteo	90
3.6.3.	Métodos de replanteo	90
3.6.3.1.	Replanteo por coordenadas polares.....	90
3.6.3.2.	Replanteo por abscisas y ordenadas.....	90
3.6.3.3.	Replanteo por intersección	90
3.6.4.	Recomendaciones generales.....	91
CAPÍTULO IV		92
4.	EQUIPOS TOPOGRÁFICOS AUXILIARES Y SOFTWARE A SER UTILIZADOS	92
4.1.	<i>Equipos topográficos auxiliares para trabajos de campo.....</i>	<i>92</i>
4.1.1.	Uso de navegadores GNSS	92
4.1.2.	Uso de clinómetro para obtención de puntos topográficos	92
4.1.3.	Uso y aplicación de teodolitos	93
4.1.4.	Uso y aplicación de barómetro.....	93
4.1.5.	Uso y aplicación de distanciómetros de mano.....	94
4.2.	<i>Software utilizado para topografía y cartografía</i>	<i>95</i>
4.2.1.	Software para antenas GNSS	95

4.2.2.	Software para procesamiento de topografía tradicional	95
4.2.3.	Software para fotogrametría.....	96
4.2.4.	Software para generación de modelos digitales de terreno de uso publico	96
CAPÍTULO V	97
5.	NORMATIVA VIGENTE EN EL ECUADOR	97
5.1.	<i>Cartografía</i>	97
5.2.	<i>Topografía</i>	97
5.3.	<i>Comparativa con normativa de otros países</i>	98
CAPÍTULO VI	99
6.	APLICACIÓN PRÁCTICA DE CONTENIDOS REVISADOS.....	99
6.1.	<i>Generalidades</i>	99
6.1.1.	Introducción.....	99
6.1.2.	Ubicación del proyecto.....	99
6.2.	<i>Procedimiento de trabajo</i>	100
6.2.1.	Obtención de un modelo de superficie de trabajo por medio de un DEM	100
6.2.2.	Puntos de control GNSS.....	103
6.2.2.1.	Control Horizontal.....	103
6.2.2.2.	Control Vertical	106
6.2.3.	Poligonal de precisión	107
6.2.3.1.	Poligonal cerrada	107
6.2.3.2.	Poligonal abierta con control de cierre	108
6.2.4.	Fotogrametría con dron	109
6.2.5.	Levantamiento topográfico	113
6.2.5.1.	Toma de información de campo.....	113
6.2.5.2.	Procesamiento y dibujo de información	114
6.2.6.	Replanteo topográfico	115
6.2.6.1.	Obtención de información a replantear.....	116
6.2.6.2.	Trabajos de campo.....	117
CONCLUSIONES	119
RECOMENDACIONES	121
BIBLIOGRAFÍA	123

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Parámetros principales PSAD-56.....	35
Cuadro 2. Sistema actual	36
Cuadro 3. Marco de referencia Post sísmico	36
Cuadro 4. Parámetros de transformación del PSAD56 a SIRGAS95 para el Ecuador	37
Cuadro 5. Parámetros de elipsoides de referencia.....	37
Cuadro 6. Parámetros técnicos de la componente vertical	37
Cuadro 7. Parámetros de transformación SIREs – DMQ	41
Cuadro 8. Parámetros de transformación Municipio de Rumiñahui	41
Cuadro 9. Parámetros de transformación TM Guayaquil.....	42
Cuadro 10. Clasificación DOP.....	49
Cuadro 11. Tiempo de observación de acuerdo a la longitud de línea.....	53
Cuadro 12. Resultados de coordenadas obtenidas	105
Cuadro 13. Resultados de elevación obtenidas	106
Cuadro 14. Resultados de poligonal cerrada.....	108
Cuadro 15. Precisión de poligonal cerrada	108
Cuadro 16. Resultados de poligonal abierta con control de cierre.....	109
Cuadro 17. Precisión de poligonal abierta con control de cierre	109
Cuadro 18. Datos de replanteo	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Fases de un proyecto topográfico.....	21
Figura 2.	Relación de la topografía con otras disciplinas.....	23
Figura 3.	Componentes básicos de un SIG.....	25
Figura 4.	Sistemas de referencia	27
Figura 5.	Vértice Marco Geodésico Nacional	27
Figura 6.	Geoide y elipsoide de referencia	28
Figura 7.	Parámetros de un elipsoide	29
Figura 8.	Relación entre geoide, elipsoide y superficie terrestre.....	30
Figura 9.	Tipos de proyecciones	31
Figura 10.	Disposición del cilindro de proyección en UTM.....	32
Figura 11.	Zonas UTM Ecuador	32
Figura 12.	Representación de coordenadas geográficas.....	33
Figura 13.	Coordenadas UTM	34
Figura 14.	Determinación del origen de una zona UTM y coordenadas UTM	34
Figura 15.	Diferencia en las ondulaciones geoidales para el modelo EGM96.....	38
Figura 16.	Diferencia en las ondulaciones geoidales para el modelo EGM08.....	39
Figura 17.	Modelo geoidal del Ecuador	40
Figura 18.	Aplicación para el cálculo de la altura geoidal para el Ecuador	40
Figura 19.	Flujo de trabajos de topografía para proyectos de ingeniería civil	44
Figura 20.	Frecuencia de operación de los sistemas GNSS	45
Figura 21.	Precisión de posicionamiento	46
Figura 22.	Procedimiento para obtener coordenadas de un punto cualquiera mediante satélites GNSS.....	47
Figura 23.	Área de incertidumbre debido a la buena y mala geometría del satélite	49
Figura 24.	Métodos de posicionamiento GNSS	50
Figura 25.	Señal de pseudodistancia	51
Figura 26.	Medida de fase	51

Figura 27.	(a) Sistema Estático y (b) Sistema Estático rápido	52
Figura 28.	Sistema Cinemático.....	53
Figura 29.	Sistema Cinemático "on the fly"	54
Figura 30.	Sistema Stop & Go.....	54
Figura 31.	Ejemplo de esquema vertical	56
Figura 32.	Desnivel entre punto A y punto B.....	57
Figura 33.	Obtención de desnivel entre punto a y b mediante nivelación	57
Figura 34.	Multipath GNSS.....	58
Figura 35.	Ángulos externos e internos de una poligonal cerrada.....	60
Figura 36.	Ángulos de deflexión en poligonales cerradas.....	60
Figura 37.	Levantamiento de una poligonal	61
Figura 38.	Estación nivelada en el punto 1.....	61
Figura 39.	Representación del azimut.....	61
Figura 40.	Representación del terreno en forma de polígono.....	62
Figura 41.	Poligonal cerrada.....	63
Figura 42.	Poligonal encuadrada	63
Figura 43.	Poligonal abierta.....	63
Figura 44.	Error de cierre lineal en poligonales cerradas.....	64
Figura 45.	Diferencia entre DSM y DTM.....	69
Figura 46.	Escáner Laser Leica BLK360 y sus componentes	73
Figura 47.	Escáner Laser Leica BLK360 y su aplicación	74
Figura 48.	Escáner Laser Aéreo.....	75
Figura 49.	Chasis de un dron	78
Figura 50.	Hélices de un dron.....	78
Figura 51.	Motor para dron	79
Figura 52.	Circuito regulador de velocidad.....	79
Figura 53.	Batería para dron	79
Figura 54.	Control remoto de dron	79
Figura 55.	Placa controladora de dron	80
Figura 56.	Cámara de dron	80

Figura 57.	Ejemplo de dron de ala fija.....	81
Figura 58.	Ejemplo de un dron multirrotor cuadricóptero Phantom 4 Pro	82
Figura 59.	Ejemplo de un dron multirrotor hexacóptero.....	82
Figura 60.	Ejemplos de multirrotores con diferentes tipos de configuración de brazos	82
Figura 61.	Ejemplo de dron híbrido	83
Figura 62.	Altitud, altura y elevación.....	84
Figura 63.	Ejemplo de configuración de plan de vuelo en aplicación Drone Harmony	84
Figura 64.	Ejemplo de colocación de un GCP.....	85
Figura 65.	Ejemplo de checklist previa al vuelo de la aplicación DJI Pre Flight Checklist	86
Figura 66.	Vuelo y toma de imágenes de un dron	86
Figura 67.	Flujo de trabajo para el procesamiento de imágenes.....	87
Figura 68.	Nube densa de puntos.....	87
Figura 69.	DEM y ortomosaico	88
Figura 70.	Navegador Global Navigation Satellite System	92
Figura 71.	Clinómetro	93
Figura 72.	Taquímetro.....	93
Figura 73.	Barómetro	94
Figura 74.	Distanciómetro de mano.....	95
Figura 75.	Implantación general del proyecto	99
Figura 76.	Restitución aerofotogramétrica Rio Napo	100
Figura 77.	Delimitación de área de trabajo	101
Figura 78.	Configuración de trabajo en Global Mapper	101
Figura 79.	Obtención de DEM e imagen satelital.....	102
Figura 80.	Generación de curvas de nivel en Global Mapper y Civil 3D	102
Figura 81.	Configuración Autodesk Civil 3D y generación de superficie	103
Figura 82.	Colocación de puntos de control GNSS	104
Figura 83.	Tiempos de observación de puntos de control GNSS	104
Figura 84.	Ubicación de puntos de control.....	105
Figura 85.	Placa IGM de control vertical y nivelación cerrada.....	106
Figura 86.	Medición de poligonales.....	107

Figura 87.	Drone DJI Air 2S utilizado	109
Figura 88.	Planificación de vuelo en Drone Harmony.....	110
Figura 89.	Ejecución del plan de vuelo en el dron.....	111
Figura 90.	Ortomosaico y DSM previo generado por Pix4D.....	111
Figura 91.	Pinchado de GCPs y Nube de puntos densa obtenidos	112
Figura 92.	Ortomosaico final obtenido	112
Figura 93.	Planimetría y generación de curvas de nivel desde fotogrametría.....	113
Figura 94.	Puntos descargados desde Estación Total Leica	114
Figura 95.	Procesamiento y dibujo de información de campo	115
Figura 96.	Pasaje proyectado (planta y perfil).....	115
Figura 97.	Equipo utilizado en el replanteo.....	117
Figura 98.	Ubicación y materialización de los puntos a replantear	118

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Introducción

Un sin número de obras de ingeniería que han perdurado a través del tiempo, ya sean obras grandes o pequeñas, requieren de una actividad previa a su planificación sobre la cual se basan todos los estudios a ser realizados, y es en este momento en que la topografía gana importancia ya que es la base para la realización de cualquier proyecto de ingeniería, debido a que permite representar dicho proyecto en un plano terrestre, el cual nos da la pauta para un correcto diseño.

Para un ingeniero civil es primordial conocer los diferentes métodos topográficos que existen en la actualidad, saber cómo y cuándo usarlos como una herramienta para la toma de decisiones. Con la tecnologización de los trabajos de campo se tiene varias alternativas para la realización de estos, atrás quedó el uso únicamente del teodolito y nivel para obtener datos topográficos, hoy en día tenemos sistemas de navegación GNSS de alta precisión, drones, sistemas LIDAR, ortofotos y mucha información de dominio público que se puede obtener en internet, los cuales son una ayuda y permiten ser mucho más eficientes y productivos.

La topografía tradicional no debe ser reemplazada por estos nuevos métodos topográficos, más bien deben complementarse y es muy importante manejar conceptos básicos de cartografía, de sistemas de información geográfica (SIG), de geodesia en general, ya que en el caso de un aprovechamiento de agua en el cual se trabaja en grandes distancias de conducción, se debe realizar correcciones a las longitudes medidas considerando la curvatura terrestre y factores de escala debido a que estos incidirán en los resultados obtenidos.

Todos estos aspectos se deben conocer y desempeñarán un papel significativo en la formación de un ingeniero civil, por lo que son el motivo de la preparación de este documento.

1.2. Justificación

La topografía en la ingeniería civil es muy importante ya que es la base principal para cualquier proyecto, sea este vial, estructural, hidráulico o sanitario; esto debido a que, si partimos de un buen modelo digital del terreno, tendremos diseños más acordes a la realidad.

Con el avance de la tecnología tenemos nuevas metodologías de trabajos topográficos como son scanner láser, LIDAR, sistemas GNSS, RTK, fotogrametría con drones, entre otros, por lo que en la actualidad es necesario conocer todos estos sistemas de manera general y saber cuándo se pueden utilizar como alternativa a la topografía tradicional.

Es necesario tener un conocimiento básico de cartografía, geodesia y SIG, ya que los sistemas tradicionales de obtención de topografía van quedando poco funcionales por tiempo y costo requeridos; sin embargo, no dejan de usarse, volviéndose aún necesarios y un complemento importante para la definición de un proyecto de ingeniería civil.

Debemos considerar que parte de nuestro trabajo una vez ya vinculados al ámbito laboral será la revisión en oficina de la información de campo topográfica para el inicio de los diseños de cualquiera que sea nuestra obra civil, y en la mayoría de las ocasiones debemos escoger el método o sistema topográfico a ser utilizado para la obtención de información, considerando las necesidades específicas requeridas dentro de los proyectos.

Es importante conocer ciertas recomendaciones en el manejo de los equipos y metodologías a ser utilizados, ya que nos ayudarán a obtener una correcta interpretación de la información recopilada. Así como también es necesario manejar diferentes programas para el procesamiento de la información de campo y conocer sus ventajas y limitaciones. Además, es muy útil saber acerca de nuevos procedimientos para la elaboración de estudios preliminares con los que se pueda analizar la factibilidad de un proyecto utilizando herramientas de dominio público y acceso gratuito proporcionados por diferentes instituciones nacionales y extranjeras, como son: el IGM, Google Earth, World Topo Map, ASTER Gdem, entre otros.

Es necesario identificar en el terreno las diferentes obras planificadas en el estudio, ya sean estas construcciones, vías, estructuras menores, entre otras, que permitirán conocer su incidencia y ubicación en el lugar del proyecto, para esto se requiere analizar de manera general el replanteo topográfico de obras de ingeniería.

Adicionalmente, debemos conocer de manera general los diferentes equipos y herramientas utilizados para la obtención de información de campo, como también los diferentes softwares a ser utilizados para el procesamiento de dicha información, la normativa que rige en nuestro país y los entregables que deben ser proporcionados al cliente una vez finalizado el proyecto.

1.3. Alcance

El presente trabajo contempla el desarrollo de una guía práctica de topografía para estudiantes de ingeniería civil en la cual se revisarán de manera general varios temas, los cuales servirán como documento de consulta tanto para el docente como para el estudiante al momento de elegir una metodología para trabajos de campo de topografía o a su vez para la revisión de los mismos, estableciendo unos requerimientos mínimos que deben ser entregados para cada uno de los métodos topográficos y cartográficos a ser utilizados.

No se abordará los temas relacionados con el procesamiento de información de campo o el funcionamiento de equipos o software de proceso y post proceso ya que este es un campo muy extenso que depende del desarrollador del equipo o del software a utilizar. Nos enfocaremos en el qué es, para qué se usa, cuál es la documentación a ser entregada, algunas recomendaciones que debemos seguir para lograr un buen desempeño en el trabajo a ser realizado o a su vez a ser revisado y cuál es la normativa a utilizar, no nos enfocaremos en el cómo se usa, ya que como se mencionó con anterioridad depende de varios factores fuera de nuestro campo de estudio.

1.4. Planteamiento del problema

Con el avance de la tecnología existen nuevas metodologías de trabajo de campo en el ámbito de la topografía, muchas de estas no han sido analizadas en los últimos años en las carreras de ingeniería civil, arquitectura y afines, surgiendo así la necesidad de conocerlas y saber cómo aplicarlas dentro de cada una de las etapas de estudio de un proyecto de ingeniería civil.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Analizar las nuevas metodologías que se utilizan en la realización y/o revisión de trabajos de topografía en campo y oficina, obtención del modelo digital del terreno y su utilización para cada una de las etapas de estudio de un proyecto de ingeniería civil.

1.5.2. Objetivos específicos

- Conocer la normativa técnica ecuatoriana para la realización y/o revisión de trabajos de topografía y compararla con la de otros países de la región.
- Estudiar cada una de las nuevas metodologías para la realización y/o revisión de trabajos de topografía y obtención del modelo digital del terreno.
- Analizar los posibles usos y aplicaciones de los equipos topográficos dentro de las etapas de estudio de un proyecto de ingeniería civil.
- Conocer los diferentes equipos topográficos utilizados, sus ventajas y sus limitaciones dentro de cada etapa de estudio.
- Determinar los entregables necesarios para cada uno de los métodos topográficos a fin de obtener un producto final para la ejecución de obras de ingeniería.
- Realizar una aplicación práctica de los temas tratados para una mejor comprensión de los mismos

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Geodesia

2.1.1. Definición y ramas

La geodesia es una ciencia básica que estudia la forma la Tierra, así como la dimensión, donde la orientación espacial y su campo de gravedad en un espacio tridimensional varían con el tiempo, con fundamentos físicos y matemáticos.

De acuerdo a Quirós Rosado (2014), la geodesia la podemos dividir en dos grandes ramas:

- *Geodesia superior o geodesia*: Es la parte de la geodesia que trata de determinar y representar la Tierra en términos globales.
- *Geodesia práctica o topografía*: Es la parte de la geodesia que estudia y representa porciones menores de la Tierra donde la superficie puede ser considerada plana.

También a la geodesia, considerando el concepto matemático y físico en su definición, se puede dividir en:

- *Geodesia física (Campo gravitatorio)*: Se encarga de estudiar el campo gravitacional de la Tierra basándose en los hipotéticos modelos de distribución de masas en el interior de la Tierra, así como también midiendo la gravedad en la superficie. Esta rama identifica al Geoide como la figura precisa de la Tierra.
- *Geodesia matemática (Figura de la Tierra)*: Encargada de estudiar la figura de la Tierra a través del cálculo de coordenadas de punto sobre la superficie terrestre, guiado por un sistema de referencia validado para la Tierra. Considera al elipsoide como figura de la Tierra.

Según los métodos directos o indirectos aplicados se puede dividir a la geodesia en varias ramas:

- *Astronomía geodésica*: Consiste en determinar las coordenadas de puntos geográficos y los azimuts mediante métodos astronómicos, indiferentemente de la hipótesis de la geometría terrenal. En sí, busca determinar el geoide a través del

método de nivelación astro geodésica para reorientar las redes geodésicas (Quirós Rosado, 2014; Sevilla, 1999).

- *Geodesia geométrica*: Se encarga de medir ángulos y distancia en la superficie terrenal a través de la observación.
- *Geodesia dinámica*: Determina las variaciones que ocurren en las diferentes posiciones de las coordenadas de puntos, que ocurren a nivel global, local o regional de forma temporal, secular, periódica o bruscamente (Quirós Rosado, 2014).

2.1.2. Categorización de la geodesia

Las categorías que representan la geodesia de acuerdo a la extensión geodésica son las siguientes (Quirós Rosado, 2014):

- *Geodesia global*: Rama que estudia la Tierra a nivel global y coordinada. Se practica a nivel internacional.
- *Geodesia regional*: Es la geodesia que cada país practica de forma de forma independiente, con el objetivo de dar solución a los problemas cartográficos y geográficos de su país.
- *Geodesia topográfica*: Estudia específicamente los detalles de pequeñas dimensiones de la Tierra.

2.1.3. Importancia

La importancia del estudio geodésico se basa en que la Tierra no es plana como se creía, y al ser estudiada su extensión, es imposible ignorar la curvatura de la misma. En el caso de la ingeniería civil, en proyectos viales, centrales hidroeléctricas, líneas de conducción de agua potable, líneas de transmisión eléctrica, las áreas de interés son extensas por lo que se debe considerar la curvatura de la Tierra al momento de realizar levantamientos topográficos tradicionales y no tradicionales.

2.2. Topografía

2.2.1. Origen

Se cree que las primeras actividades y trabajos se llevaron a cabo en Egipto, de acuerdo a evidencias encontradas en papiros y tablillas representando mediciones de terrenos.

Los egipcios fueron los pioneros en conocer y desarrollar la topografía como ciencia, la misma que posteriormente fue estudiada por los griegos tomando como base a la geometría (medición de la Tierra) y a través de esto, dando a conocer la Topometría, que utiliza métodos geométricos para realizar mediciones en terrenos.

Desde hace miles de años, probablemente desde la existencia del hombre, éste ha tenido la necesidad de ubicarse en su entorno y representarlo. Posteriormente, con el desarrollo de las civilizaciones y debido a intereses políticos y personales, y al hecho de que el hombre se volvió sedentario, se han llevado a cabo mediciones con el fin de dividir parcelas, delimitar linderos, ejecutar construcciones, desviar cursos de agua y definir superficies, siendo todas éstas, actividades que se cree han sido realizadas desde hace más de 5000 años.

En Egipto, entre los primeros métodos de medición estuvieron el cuerpo humano como tal y las cuerdas anudadas, y se utilizaban medidas como el “codo”, cuya equivalencia es de 2,5 metros. A partir de esto, se tuvo la necesidad de medir regiones más grandes y extensas, por lo que tuvieron que desarrollar más y mejores métodos que les ayudaran a realizarlo, como las escuadras, plomadas, dioptras, que fueron de mucha ayuda para realizar mediciones de longitudes y ángulos.

2.2.2. Definición

El origen etimológico de la palabra topografía viene de tres términos griegos: topos, que significa “territorio”, grafos que se podría traducir como “escribir o pintar”, y el sufijo -ia cuyo significado es “cualidad”. La topografía es una ciencia basada en los principios geométricos cuyo objetivo es describir y representar a la Tierra en una escala determinada, mediante el uso de varios equipos y procedimientos que permiten conocer tanto el relieve como los detalles naturales y artificiales de ella.

Para poder hacer topografía se debe tener conocimientos en matemáticas, geometría, física, geografía, geología, entre otras ciencias. Además de manejar herramientas y metodologías para realizar mediciones, de esta forma se determinaría la opción más conveniente a utilizar de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

Otro punto importante por considerar es que la topografía se complementa con otras ciencias, como la cartografía, ya que mientras que la primera tiene como función determinar dimensiones de las superficies; la segunda, se encarga de realizar una representación gráfica de esas mediciones en un plano. Por lo que ambas tienen su utilidad, importancia e incidencia en cada obra/actividad a realizar.

2.2.3. Importancia

La topografía es necesaria en todos los procesos y actividades para los cuales se precise conocer la representación de una superficie, por lo cual es muy útil al momento de planificar un proyecto de arquitectura o ingeniería.

Dentro de los proyectos de ingeniería, la topografía se hace presente durante las fases de planificación y ejecución. Se usa para medir terrenos, catastros rurales y urbanos, desarrollo urbano, implantación de obras, entre otros. Adicionalmente, una de las funciones principales de los topógrafos es verificar que el trabajo realizado corresponda a los planos elaborados en el diseño definitivo.

Antes de ejecutar un proyecto, es necesario tener a la mano los diseños definitivos con todos sus elementos, en el caso del trabajo topográfico, se debe contar con el levantamiento y replanteo del terreno.

El trabajo del topógrafo comprende un trabajo de campo y uno de oficina, en campo se dedica a la toma de medidas longitudinales y angulares, y en oficina se dedica a determinar las elevaciones, ángulos y distancias a través de los cálculos matemáticos para plasmarlos en un plano representativo del terreno, el cual deberá brindar toda la información para ejecutar una obra.

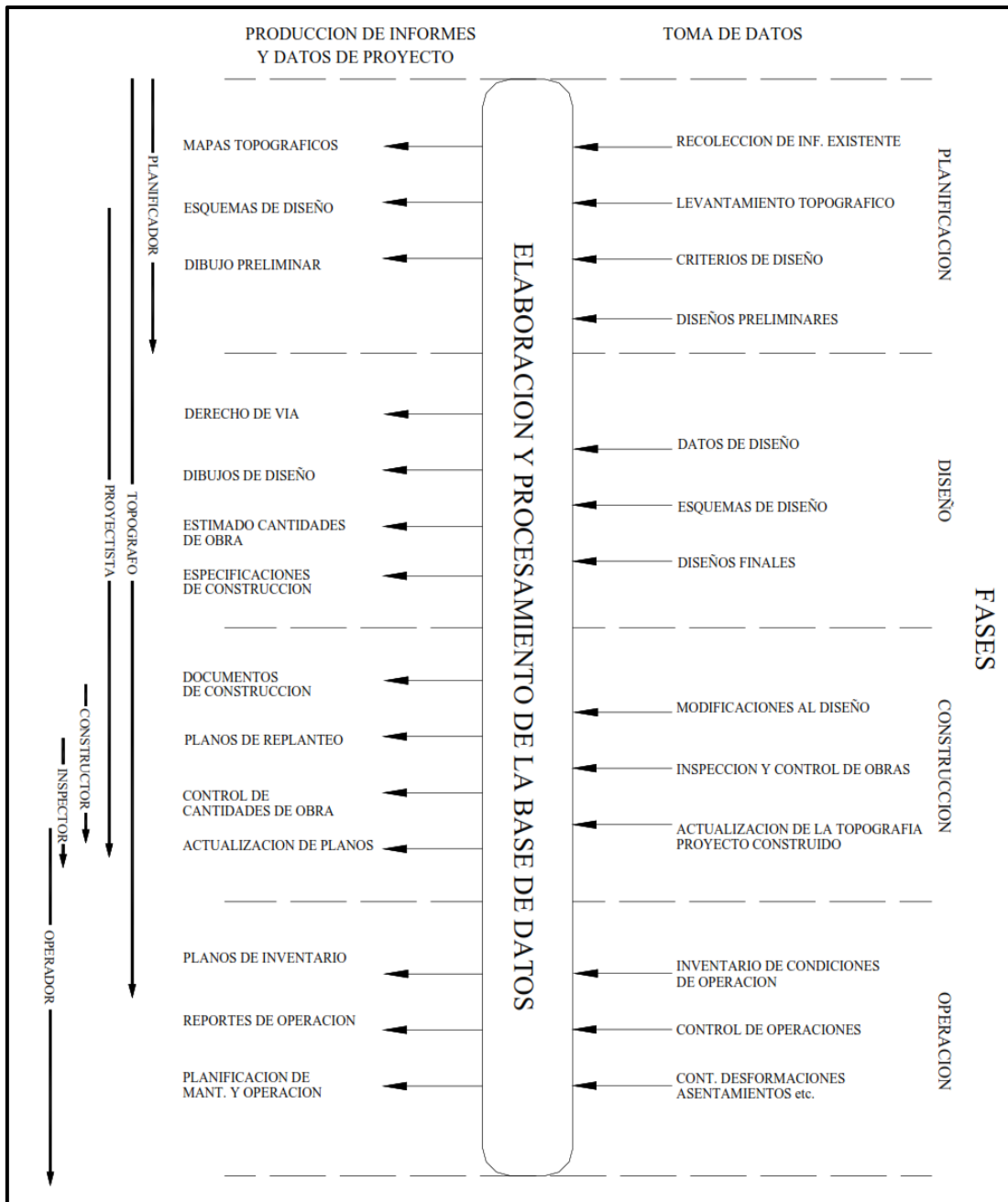


Figura 1. Fases de un proyecto topográfico
Fuente: (Casanova M., 2002)

2.2.4. Uso y aplicaciones

La utilización de la topografía es primordial para ejecutar proyectos de ingeniería, los cuales se fundamentan en el área de la Tierra, enfocándonos en la preparación de un área donde se realizará una construcción. Es fundamental considerar las propiedades que tenga el lote, para de esta forma darle la mejor localización y repartición a la obra en esa área, al igual que en sus puntos ornamentales y funcionales. La guía del ingeniero permitirá obtener la mejor seguridad, rigidez y estabilidad del área en el que se trabajará con el

levantamiento topográfico del área. La topografía además es usada en la geometrización del plan. Además, se usa la topografía en el replanteamiento, aquí se ubica en el lote las distintas piezas de una obra con sus posiciones señaladas en un plan.

A la topografía se le puede tener en cuenta como uno de los instrumentos primordiales de la ingeniería civil, incluso se utiliza en otras especialidades que al igual que la topografía se sustentan en geometría, trigonometría, física y astronomía. La topografía, por tanto, es una ciencia aplicada.

El campo de aplicación de la topografía es extenso y elemental, pues toda obra de ingeniería se proyecta en ella. Sin el levantamiento de secciones transversales, sería imposible proyectar presas, puentes, canales, carreteras, trenes, etcétera. Tampoco podría señalar una pendiente definida como es necesario en un alcantarillado.

Bajo el mismo contexto, cabe señalar que tanto el trazo como el levantamiento son las ocupaciones principales de la topografía. Los trazos representan el método para replantear la superficie en un plano mientras que, el levantamiento son las operaciones básicas para lograr representar la superficie en el plano mediante la figura.

Entre las aplicaciones de la topografía se pueden mencionar su importancia en la ingeniería agrícola, pues, permite determinar la superficie terrestre en trazos, deslindes, divisiones, nivelación y crear canales, drenajes y bordo. En el caso de ingeniería eléctrica su aplicación permite levantar y trazar las líneas de transmisión para crear las plantas hidroeléctricas y afines. En ingeniería mecánica e industrial permite instalar rigurosos aparatos y grupos industriales y configuraciones de partes metálicas de enorme exactitud. En ingeniería minera permite cuantificar el volumen a extraer y levanta y traza los túneles. En la ingeniería geológica influye en el análisis de las interacciones geológicas que permiten decidir la distribución y proporción de las cuencas hidrológicas, como apoyo importante de la fotogeología, etcétera. En la ingeniería civil permite la obra de carreteras, trenes, inmuebles, puentes, servicios municipales, entre otros.

Es evidente que la topografía tiene diversos campos de aplicación y constituye el punto de inicio de varios proyectos que necesitan información de la postura, magnitudes, forma del lote, etcétera., sobre el cual se va a hacer cualquier obra o un análisis definido.

A parte de las aplicaciones más frecuentes que tiene la utilización de mapas topográficos, uno de los más interesantes se fundamenta en decidir cómo es el área y que está encima de ella, como podría ser el tipo de suelo, cultivo, piedra etcétera. Para implantar cuáles son las zonas correctas o no para la producción de cultivos, creación de inmuebles y otros usos. Para conocer cómo es el lote en las 3 coordenadas espaciales es indispensable trabajar con mapas topográficos.

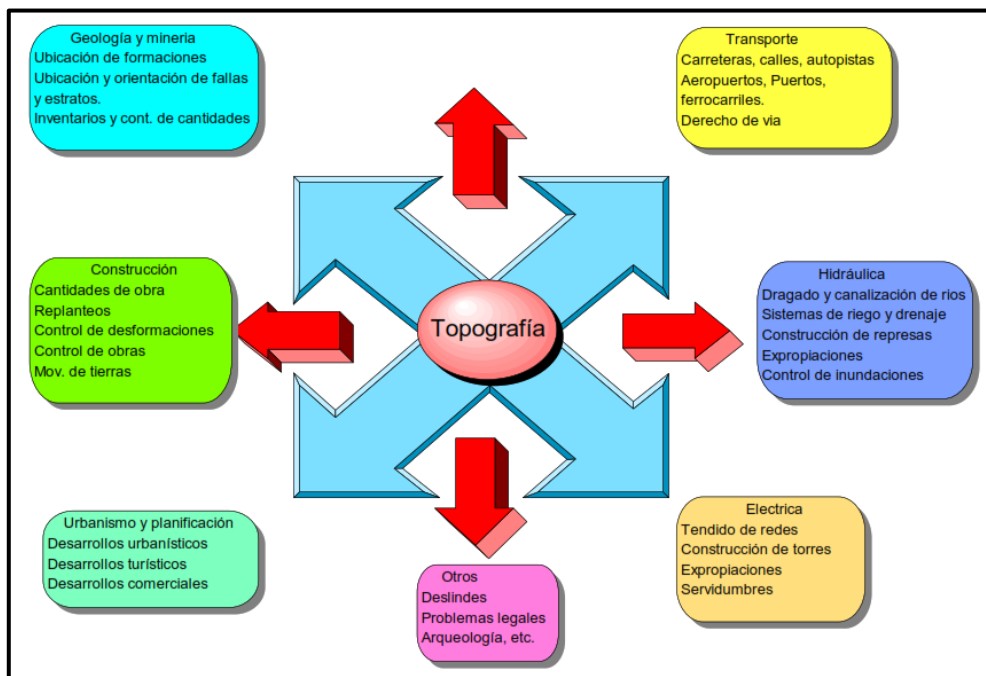


Figura 2. Relación de la topografía con otras disciplinas

Fuente: (Casanova M., 2002)

2.3. Sistemas de información geográfica

2.3.1. Importancia

Los sistemas de información geográfica (SIG) dentro de la ingeniería civil es una parte muy importante, porque representa el canal de información que abarca tanto la cartografía, la geodesia y la topografía, permitiendo el almacenamiento de datos espaciales para su consulta, manipulación y representación, de manera precisa sobre su ubicación dentro de la zona a ser estudiada, por lo cual se debe conocer algunos aspectos básicos y conceptos geodésicos fundamentales relacionados a la cartografía, ya que este aspecto es el que precisa de su estudio, el cual es utilizado frecuentemente ya sea en sistemas de navegación satelital, drones, equipos topográficos, GPS y todas sus variantes.

Atrás queda el uso de observaciones solares o métodos astronómicos para conocer la posición geográfica de un punto si al día de hoy se tiene sistemas GNSS hasta en celulares los cuales nos brindan una información en algunos casos precisa y en otros requieren un procesamiento para su uso.

2.3.2. Definición

La definición de un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS) sería imposible, sin antes conocer las operaciones que nos permite realizar y las perspectivas sobre las cuales se utilizará.

Existen tres ópticas para determinar el concepto de SIG. La primera, está basada en las funcionalidades, es decir, en la capacidad que tiene para la creación de modelos digitales de la realidad; la segunda, entendida como una extensión del concepto de base de datos, enfatiza las diferencias en relación con la estructuración de estos; y, la tercera, que presta más atención a los aspectos organizativos o institucionales, y sobre las personas que operan el componente geográfico (Del Bosque González et al., 2012).

Las operaciones de que se pueden realizar de acuerdo a Olaya (2020) son:

- Lectura, edición, almacenamiento y, en términos generales, gestión de datos espaciales.
- Análisis de dichos datos. Esto puede incluir desde consultas sencillas a la elaboración de complejos modelos, y puede llevarse a cabo tanto sobre la componente espacial de los datos (la localización de cada valor o elemento) como sobre la componente temática (el valor o el elemento en sí).
- Generación de resultados tales como mapas, informes, gráficos, etc.

Una vez que conocido las perspectivas de estudio y las operaciones que se pueden realizar se puede definir a un SIG como:

“Un sistema de información que es utilizado para ingresar, almacenar, recuperar, manipular, analizar y obtener datos referenciados geográficamente o datos geoespaciales, a fin de brindar apoyo en la toma de decisiones sobre planificación y manejo del uso del suelo, recursos naturales, medio ambiente, transporte, instalaciones urbanas, y otros registros administrativos” (Murai, 1999, p. 8)

2.3.3. Componentes de los SIG

Para entender cómo trabajan los SIG, se debe conocer los elementos que los constituyen. En primer lugar, debemos considerar los 3 subsistemas detallados a continuación:

1. *Subsistema de datos:* Encargado de la entrada y salida de datos, así como la gestión dentro del sistema.
2. *Subsistema de visualización y creación cartográfica:* Es capaz de crear representaciones graficas a partir de los datos ingresados.
3. *Subsistema de análisis:* Es específico para el análisis de los datos geográficos.

Mientras que los cinco componentes básicos de un SIG según Olaya (2020) son:

1. *Datos:* Representa la realidad geográfica y son el núcleo vital del SIG.
2. *Análisis:* Es el procedimiento para analizar los datos.
3. *Visualización:* Procedimientos relacionados con la representación de los datos.
4. *Tecnología:* Software y hardware SIG.
5. *Factor organizativo:* Se encarga de coordinar y comunicar los elementos entre personas, datos y tecnología.

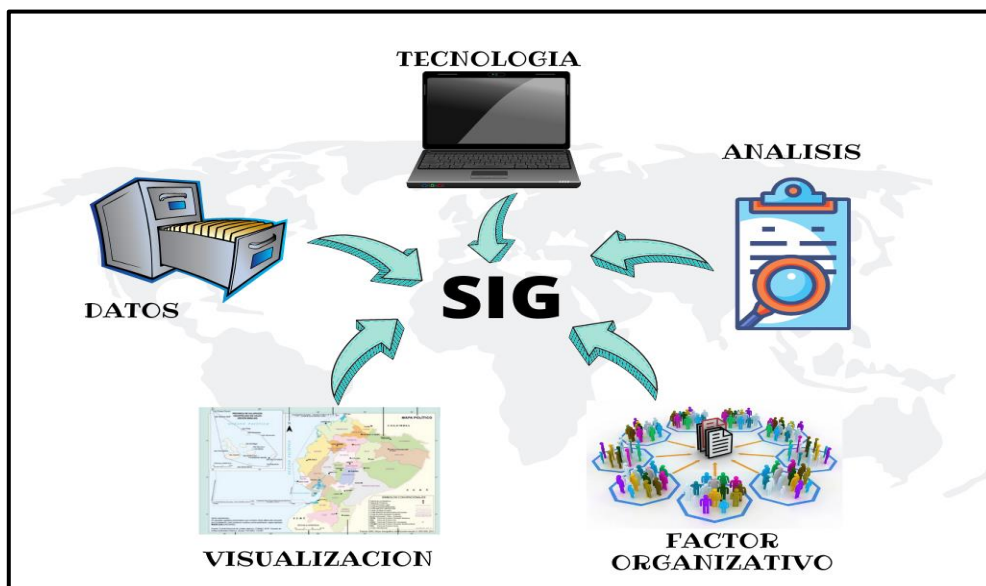


Figura 3. Componentes básicos de un SIG

Fuente: (Olaya, 2020)

En conjunto, los componentes de un SIG permiten representar de manera digital los datos geográficos (adquisición, codificación y almacenamiento), manejar de manera eficiente la codificación para editar, actualizar, manejar y almacenar los datos, brindarlos eficientemente para consultas complejas y crear formas de salida compatibles para diferentes usuarios, como puede ser con tablas, gráficas, etc. (Mena, 2007)

2.4. Conceptos geodésicos básicos

Es necesario definir ciertos conceptos geodésicos, los cuales permitirán definir la forma y las dimensiones de la Tierra, expresándola de una forma simple y fácil de manejar (Olaya, 2020).

Ya con estos modelos se puede establecer un sistema de referencia y un conjunto de vértices geodésicos con coordenadas conocidas y con una precisión elevada, formando un marco geodésico de referencia, permitiendo el cálculo de coordenadas de cualquier punto de dicha red.

2.4.1. Sistema de referencia

Se trata de la definición de estándares o parámetros, el cual se constituye en una base para representar geoméricamente la superficie terrestre, así como su variación en el tiempo. Este sistema no puede ser determinado mediante mediciones, sino convencionalmente (Leiva, 2014).

Existen 2 tipos de sistemas de referencia:

- *Sistemas Geodésicos Locales*: Su objetivo consiste en cubrir las necesidades geodésicas de determinada región. El centro de coordenadas de este sistema es totalmente diferente a las coordenadas del centro de la Tierra. Tal es la situación del PSAD56, que alude el elipsoide Internacional de Hayford de 1924. El datum del mismo se sitúa en La Canoa, Venezuela. El uso de este tipo de sistemas tiene como finalidad elaborar cartografía. (Zurita, 2011)
- *Sistemas Geocéntricos*: A diferencia del sistema geodésico local, este sistema sí coinciden sus coordenadas con el centro terrestre, dentro de esta clase se encuentran el WGS84 e ITRS. (Zurita, 2011)

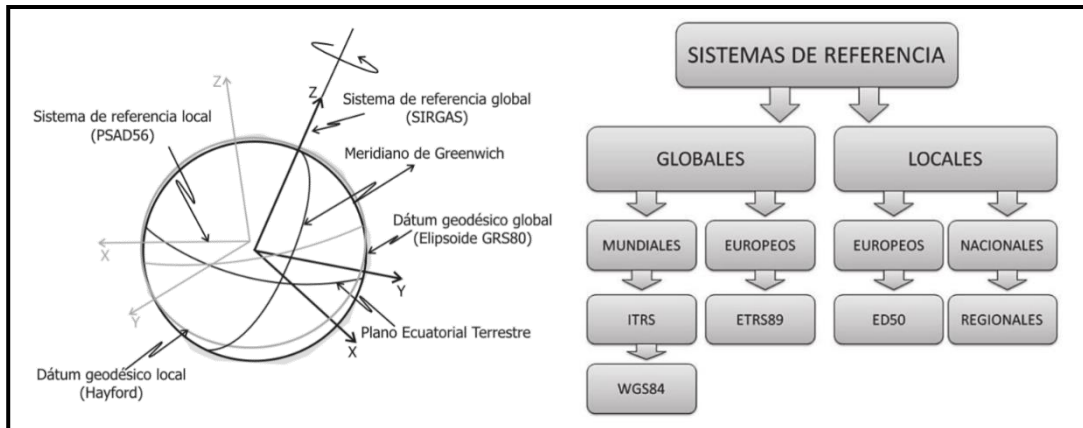


Figura 4. Sistemas de referencia
 Fuente: (Berné Valero et al., 2014; Leiva, 2003)

2.4.2. Marco de referencia

El marco de referencia es la materialización física del sistema de referencia y lo realiza matemáticamente para ser usado con fines prácticos, a través de puntos ubicados en la superficie terrestre con coordenadas cartesianas tridimensionales dadas en un tiempo fijo y con velocidades conocidas respecto a ese sistema de referencia.

Cada sistema de referencia no tiene aplicación práctica sino es mediante la utilización de su correspondiente marco asociado, suelen materializarse como se indican a continuación:



Figura 5. Vértice Marco Geodésico Nacional
 Fuente: (CEPGE - REGME, 2020)

2.4.3. Datum geodésico

Datum geodésico es el conjunto de parámetros que definen la situación y orientación de un sistema de coordenadas geodésicas, asociando la superficie de referencia (elipsoide) y

un punto de enlace al geode. Este punto de enlace se le denomina punto astronómico fundamental en el cual la desviación vertical es nula y el elipsoide es tangente al geode.

Generalmente el datum se define a nivel local o regional, y el sistema de referencia a nivel global (Berné Valero et al., 2014).

Se consideran dos tipos de datum, Paredes (1986):

- *Datum horizontal*: Modelo utilizado de base en los cálculos para el control horizontal de los levantamientos y considera la curvatura de la Tierra, están en función del elipsoide.
- *Datum vertical*: Modelo referido para todo lo que se refiere a elevaciones y está definido en función del nivel medio del mar durante un periodo de observación.

2.4.4. Superficie de referencia

Para establecer la superficie de referencia base es necesario definir un modelo de partida que asimile la forma de la Tierra para lo cual existen dos conceptos básicos: el elipsoide de referencia y el geode.

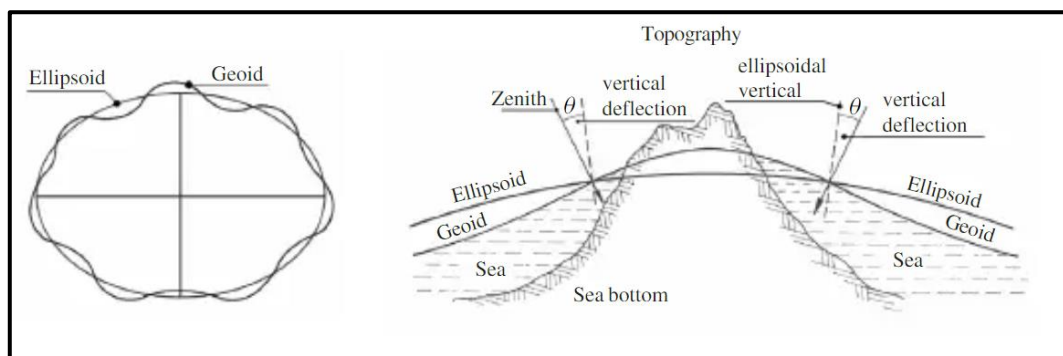


Figura 6. Geode y elipsoide de referencia

Fuente: (Seeber, 2003)

2.4.5. Geode

En una superficie 3D donde la fuerza gravitatoria en sus puntos es constante; es una superficie equipotencial que asume que los océanos están en reposo y en un nivel promedio (los niveles en realidad cambian debido a las mareas, corrientes y otros fenómenos) y los extiende por debajo de la superficie de la Tierra. Una característica particular es la dirección de la gravedad, la cual es perpendicular en todos sus puntos con respecto a su superficie (Olaya, 2020)

2.4.6. Elipsoide de referencia

Leiva (2014) hace referencia a la irregularidad de la forma del geoide, lo que no permite comprender fácilmente los puntos horizontales, por esta razón las figuras simples es la mejor representación junto a ecuaciones matemáticas para medir las coordenadas geográficas.

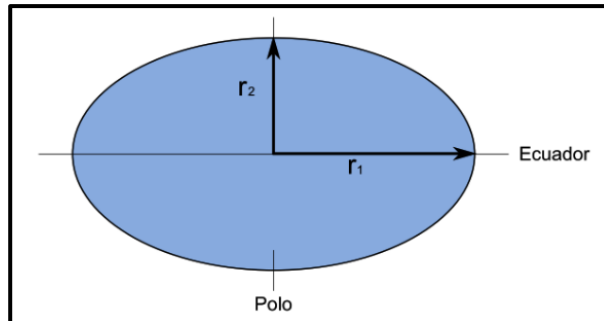


Figura 7. Parámetros de un elipsoide

Fuente: (Olaya, 2020)

2.4.7. Relación entre geoide, elipsoide y superficie terrestre

Una vez que conocemos las tres superficies de referencia geodésicas, se observa que estas no coinciden y podemos calcular tres valores de la altitud de un punto simple sobre la Tierra. Para Muñoz (2009) estos tres tipos de altura (N , H , h) son:

- *Ondulación del geoide o altura geoidal (N):* Es la distancia entre la superficie del geoide y la del elipsoide. Se trata de una onda importante para rutinas cartográficas y geodésicas.
- *Altura ortométrica (H):* Se refiere a la medición de la altura a partir del geoide, es considerada como la altura sobre el nivel medio del mar y se mide en dirección a la gravedad en cualquier punto.
- *Altura elipsoidal (h):* Es la distancia entre la superficie del elipsoide y de la Tierra. Estas alturas dan las medidas GNSS.

La relación entre estas 3 superficies se expresa matemáticamente con:

$$H \approx h - N$$

Donde:

h : altura sobre el elipsoide (elipsoidal)

H : altura sobre el geode (ortométrica)

N : ondulación del geode

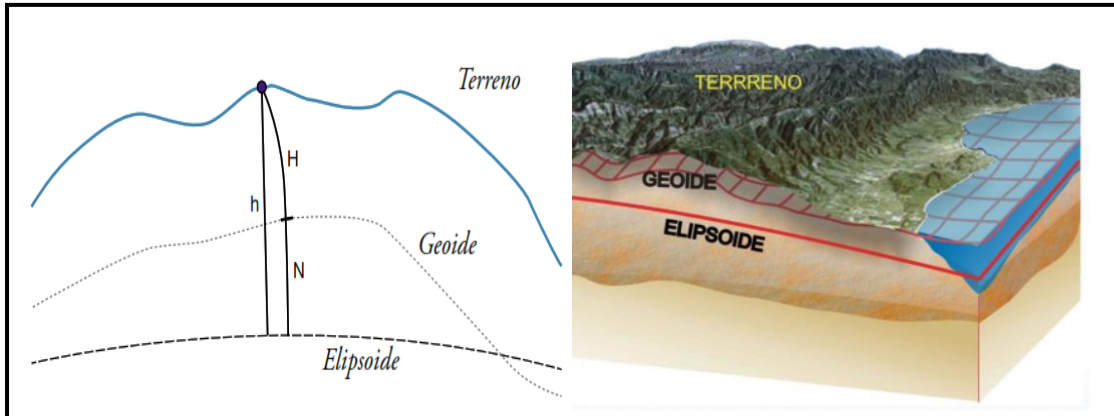


Figura 8. Relación entre geode, elipsoide y superficie terrestre

Fuente: (Mejía, 2012; Quirós Rosado, 2014)

El sistema de medidas GNSS calcula las coordenadas geodésicas y la altura elipsoidal (h), mientras que la altura u ondulación geoidal (N) proviene de un modelo geoidal y la altura física a ser determinada (H) se puede obtener de la relación de anterior.

2.4.8. Proyecciones cartográficas

A pesar de la importancia que tienen las coordenadas geográficas para determinar la localización de un punto sobre la superficie terrestre, su uso generalizado puede resultar inconveniente puesto que estamos acostumbrados a plasmar la posición de un punto en sistemas cartesianos referidos a valores de “ x ” y “ y ” o Norte y Este, para ser representados en planos o mapas.

El proceso de transformar las coordenadas geográficas del esferoide en coordenadas planas para representar una parte de la superficie del elipsoide en dos dimensiones se conoce como proyección cartográfica. (Alonso Sarría, 2006)

Las propiedades especiales de forma, área, distancia y orientación se conservan o distorsionan no solo por la superficie proyectada sino también por su superficie geométrica, entre las que se encuentran la cónica, la cilíndrica y la plana (Mena, 2007).

2.4.8.1. Tipos de proyecciones

Las proyecciones se clasifican según la superficie sobre las que se proyectan, para esto se utilizan figuras geométricas que sean desarrollables como el cono, el cilindro o el plano, siendo las principales proyecciones las siguientes:

- *Cónicas*: La superficie desarrollable es un cono, que se sitúa generalmente tangente o secante a dos paralelos a la superficie del elipsoide, útil para representar franjas que no abarquen una gran distancia de latitud, pero poco adecuada para representación de grandes áreas. (Olaya, 2020)
- *Cilíndricas*: La superficie desarrollable es un cilindro, proporciona la apariencia de un rectángulo, puede tener una o dos líneas sin distorsión de escala, se utilizan a menudo para mapamundis, de sencilla representación, y tiene como desventaja es la gran distorsión de escala en zonas de latitud alta (60° a 90° , tanto al norte o al sur del Ecuador)
- *Planas o azimutales*: La superficie desarrollable es un plano, estas preservan los azimuts. Utilizada para representar los polos sin deformación. Tiene como intención principal obtener una visión del globo desde el centro de este o desde el espacio exterior.

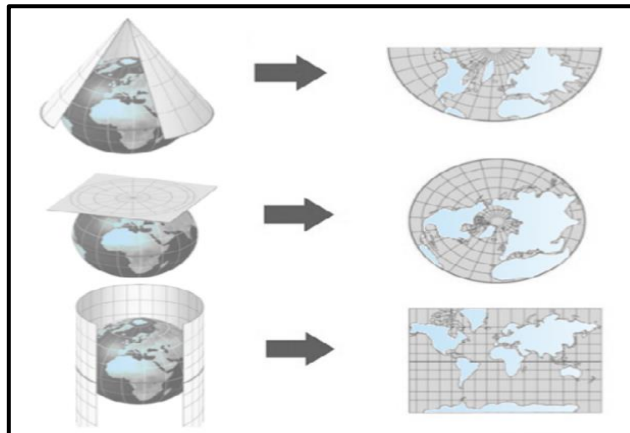


Figura 9. Tipos de proyecciones
Fuente: (Quirós Rosado, 2014)

2.4.8.2. Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM)

Es una proyección empleada por la cartografía para crear mapas de la Tierra conservando sus ángulos y formas.

La proyección UTM es una proyección cilíndrica en la que el eje del cilindro está en el plano ecuatorial y el cilindro es tangente a un meridiano llamado meridiano origen.

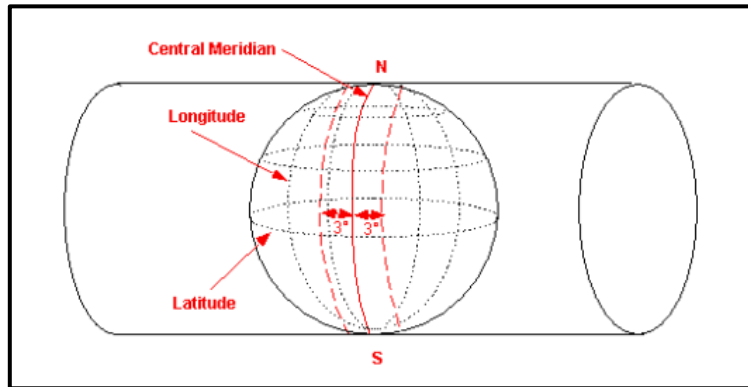


Figura 10. Disposición del cilindro de proyección en UTM
Fuente: (Alonso Sarría, 2006)

El meridiano central de cada zona se encuentra en los 3°, 9°, etc. Este y Oeste de Greenwich. Para reducir la distorsión en los límites de la región, se utiliza un factor de escala de 0,9996 en el meridiano central, por lo que la línea este-oeste 1°37' será la escala real. La Tierra, entre los 84°N y los 80°S, está dividida en 60 regiones de 6° de longitud de ancho. Los meridianos de frontera son divisibles por 6 y están numerados del 1 al 60. El ecuador está en los cinturones continentales 17 y 18; en las zonas 15 y 16, la porción insular (las Galápagos). (Leiva, 2014)



Figura 11. Zonas UTM Ecuador
Fuente: Elaboración propia

2.4.9. Sistemas de coordenadas

Al hablar de información geográfica es hablar de una referencia explícita de datos en 2 o 3 dimensiones que nos indica la ubicación de un objeto, persona o lugar en el globo terrestre, básicamente es representar el mundo real a través de un formato digital o un mapa, para esto nos valemos de referencias geográficas que permiten a ubicar esta información. Por lo que es necesario conocer estos conceptos de coordenadas y proyecciones, los cuales nos ayudarán a entender los sistemas SIG.

2.4.9.1. Coordenadas geográficas

El sistema de coordenadas geodésicas utiliza una esfera 3D para definir una ubicación en la superficie terrestre, que está determinada por dos ángulos (llamados latitud y longitud) medidos desde el centro de la Tierra. La longitud varía de 0 a 180 grados en el hemisferio oriental y de 0 a -180 grados en el hemisferio occidental, según una línea imaginaria llamada Meridiano. La latitud varía de 0 a 90 grados en el hemisferio norte y de 0 a -90 grados en el hemisferio sur, según líneas imaginarias llamadas paralelas o líneas ecuatoriales.

El origen de este sistema de coordenadas se determina justo en el punto donde se cruza la línea ecuatorial y el meridiano de Greenwich. (Mena, 2007)

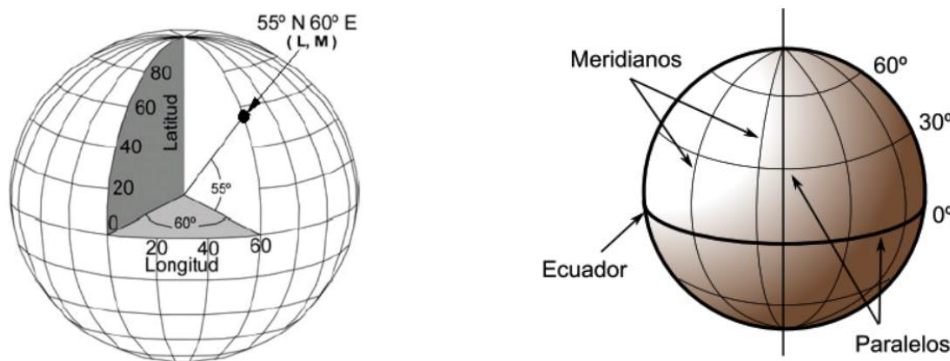


Figura 12. Representación de coordenadas geográficas

Fuente: (Fernández, 2001; Olaya, 2020)

Las coordenadas geográficas son muy útiles cuando se usan en grandes regiones, es más complicado que un sistema cartesiano porque la distancia entre dos meridianos es muy variable a diferencia de la distancia de los paralelos que es constante en todos sus puntos.

Los meridianos pueden variar aproximadamente entre 11,3 Km en el Ecuador hasta los cero Km en los polos, donde convergen los meridianos (Olaya, 2020) .

2.4.9.2. Coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM)

Es un sistema de coordenadas planas que se expresa en metros y construye la proyección geográfica en tangente a un meridiano en vez del Ecuador. (Mena, 2007)

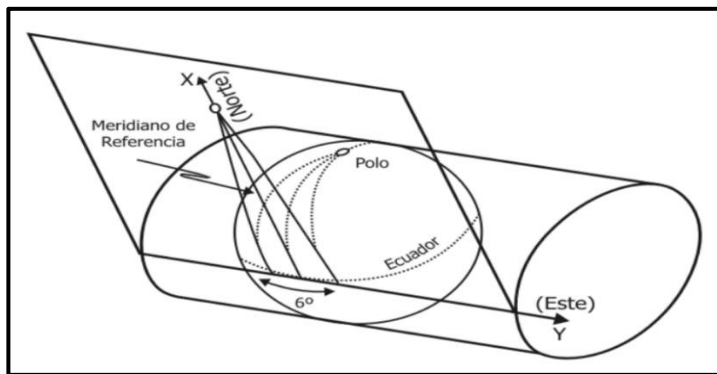


Figura 13. Coordenadas UTM

Fuente: (Adaptado de Drewes & Sanchez, 2002)

Las coordenadas de un punto se expresan mediante la zona correspondiente, relativas a la UTM, donde el origen es distinto por cada zona, situando cada punto de intersección con el Ecuador.

En el punto de intersección se considera que tiene coordenadas en “X” de 500 000 m, mientras que la coordenada en “Y” para el hemisferio sur se considera 10’000 000 m y 0 m para el hemisferio norte, con ello se evita tener coordenadas negativas.

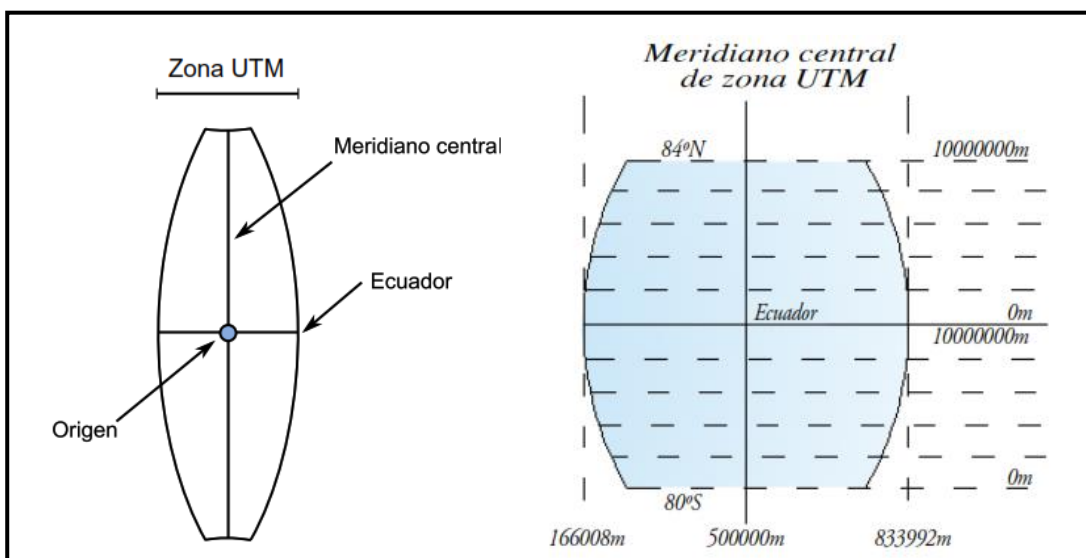


Figura 14. Determinación del origen de una zona UTM y coordenadas UTM

Fuente: (Olaya, 2020; Quirós Rosado, 2014)

2.5. Sistema geodésico de referencia del Ecuador

En el Ecuador a partir de enero del 2020, fue publicado en el Registro Oficial No. 132 la Resolución Nro. 2019-037-IGM-JUR, en la cual se adopta “el uso del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), como soporte de los trabajos cartográficos y posicionales que se ejecuten en el país, en reemplazo del sistema de referencia local PSAD 56”. (Gobierno del Ecuador, 2020)

El Sistema de Referencia Geodésico Nacional, es la fuente oficial de georreferencia del Ecuador. Este se aplica tanto en la componente horizontal como la vertical.

2.5.1. Red geodésica horizontal

A nivel nacional para la componente horizontal se tiene información en 2 sistemas de referencias diferentes:

2.5.1.1. Datum Provisional para Suramérica de 1956 (PSAD56)

Anterior sistema de referencia del Ecuador, que tiene como elipsoide de referencia el Internacional de Hayford y su punto origen en la superficie terrestre en la Canoa-Venezuela.

La aplicación de este datum fue solamente materializada en Sudamérica y por lo que puede ser usada solo en esta zona y tiene como inconveniente el enlace con redes geodésicas vecinas.

Parámetros	Valor
Latitud (° ' ")	8°34 ' 17.170"N
Longitud (° ' ")	63°51 ' 34.880"W
Elipsoide de referencia	Internacional
Época de realización	1956
Deflexión de la vertical	$\xi_0= 6.37''$; $\eta_0=-0.15''$

Cuadro 1. Parámetros principales PSAD-56

Fuente: (Gobierno del Ecuador, 2020)

Los parámetros indicados en el cuadro 1, sólo se consideran como información histórica (Gobierno del Ecuador, 2020).

2.5.1.2. Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS)

En este caso la componente horizontal esta materializada por la red activa conformada por la RED GNSS DE MONITOREO CONTINUO DEL ECUADOR (REGME) y la y la red pasiva conformada por la RED NACIONAL GPS DEL ECUADOR (RENAGE).

Los parámetros técnicos de la componente horizontal son:

- *Sistema actual*

Sistema de referencia geocéntrico	SIRGAS 95
Época de referencia	1995.4
International Terrestrial Reference Frame	ITRF 94
Elipsoide de referencia	GRS80

Cuadro 2. Sistema actual
Fuente: (Gobierno del Ecuador, 2020)

- *Marco de referencia Post sísmico*

Sistema de referencia geocéntrico	SIRGAS – Ecuador
Época de referencia	2016.43
International Terrestrial Reference Frame	ITRF 08
Elipsoide de referencia	GRS80

Cuadro 3. Marco de referencia Post sísmico
Fuente: (Gobierno del Ecuador, 2020)

En términos prácticos SIRGAS es compatible con WGS84, el nivel de precisión de las coordenadas geocéntricas está en el orden de ± 2 a ± 5 cm.

2.5.2. Parámetros de transformación

Con la finalidad de compatibilizar la información generada en el datum PSAD56 con la nueva información en SIRGAS-ECUADOR-1995.4, el IGM realizó el cálculo de parámetros de transformación, basado el modelo matemático de transformación de semejanza en espacio tridimensional.

Los 7 parámetros de transformación de coordenadas son:

Parámetros	x_0 (m)	y_0 (m)	z_0 (m)	ϵ_x (seg)	ϵ_y (seg)	ϵ_z (seg)	δ (ppm)
Valor	-60.310	245.935	31.008	-12.324	-3.755	7.370	0.447
$\frac{1.96 * RMS}{\sqrt{n}}$	± 1.900	± 1.172	± 1.698	± 0.055	± 0.0371	± 0.062	± 0.177

Cuadro 4. Parámetros de transformación del PSAD56 a SIRGAS95 para el Ecuador

Fuente: (Zurita, 2011)

Elipsoide	Semieje mayor	Semieje menor	1/f
Internacional 1924 (Hayford)	6378388.000	6356911.946	297.000
GRS 1980	6378137.000	6356752.314	298.257222
WGS84	6378137.000	6356752.314	298.257224

Cuadro 5. Parámetros de elipsoides de referencia

Fuente: (Zurita, 2011)

2.5.3. Red geodésica vertical

La componente vertical esta materializada por la red de nivelación, la cual permite arrastrar la cota desde el punto de origen ubicado en el mareógrafo de la Libertad, hacia el resto del país.

Los parámetros técnicos de la componente vertical son:

Parámetros técnicos de la componente vertical	
Datum	Nivel medio del mar
Materializado a través del mareógrafo de La Libertad	
Nivel de precisión	$4 \text{ mm} \times \sqrt{K}$

Cuadro 6. Parámetros técnicos de la componente vertical

Fuente: (Zurita, 2011)

Los sistemas GNSS brinda información de la cota elipsoidal, para fines prácticos en nuestro país es utilizada la altura referida al nivel medio del mar, para poder compatibilizar estas alturas es necesario que se disponga de un modelo geoidal y calcular la ondulación geoidal de un punto sobre la superficie terrestre.

2.5.3.1. Modelos geoidales utilizados en Ecuador

Existen varios modelos geopotenciales que nos permiten determinar la ondulación geoidal; sin embargo, en nuestro país al no tener un modelo local oficial, debemos utilizar modelos globales para los sistemas GNSS como es el EGM96 y actualmente el EGM08, estos modelos pueden llegar a tener errores en la ondulación geoidal de hasta 4 m.

Tierra (2009) realizó la evaluación de los modelos EGM96 y EGM08 partiendo de puntos GPS de precisión y nivelación geométrica para determinar el error que existe en varios puntos de la ondulación geoidal gravimétrica comparada con la nivelada y escoger cual modelo se debería usar de acuerdo a la ubicación en la que se encuentre en el país.

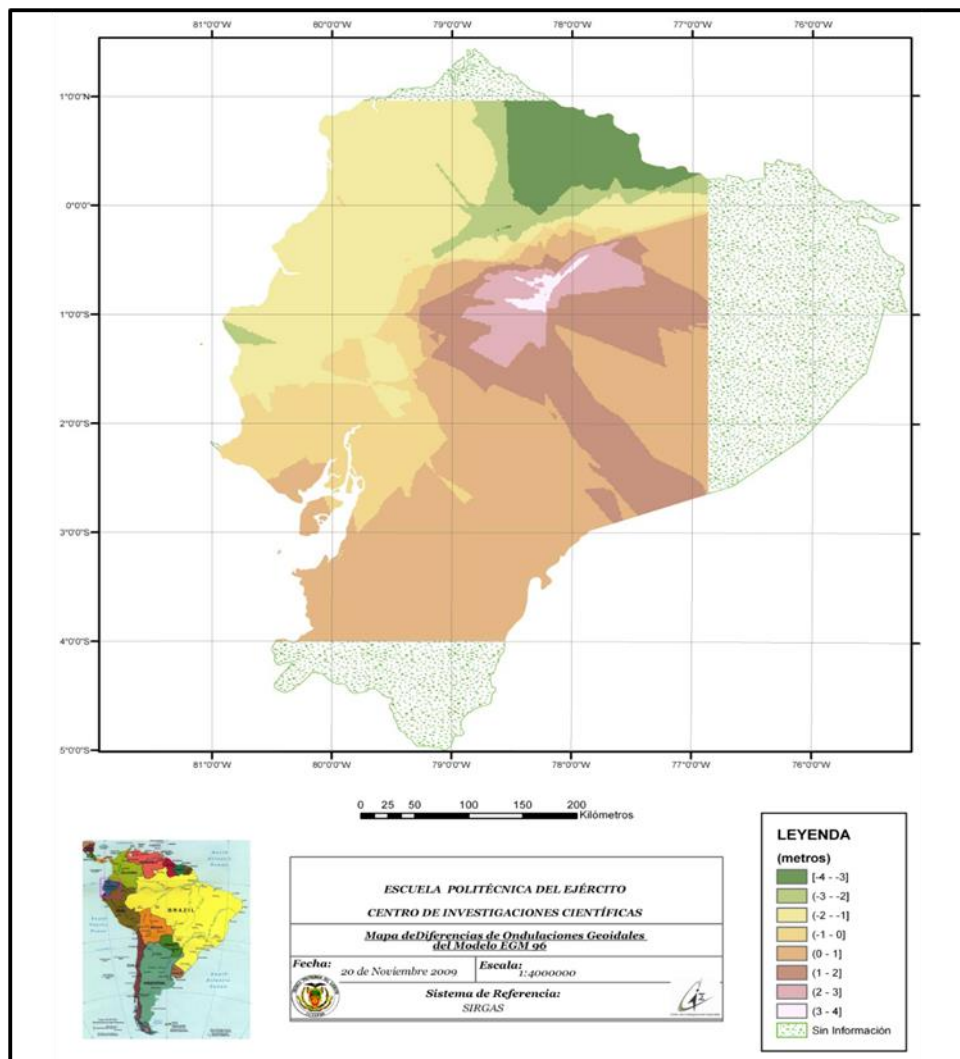


Figura 15. Diferencia en las ondulaciones geoidales para el modelo EGM96
Fuente: (Tierra, 2009)

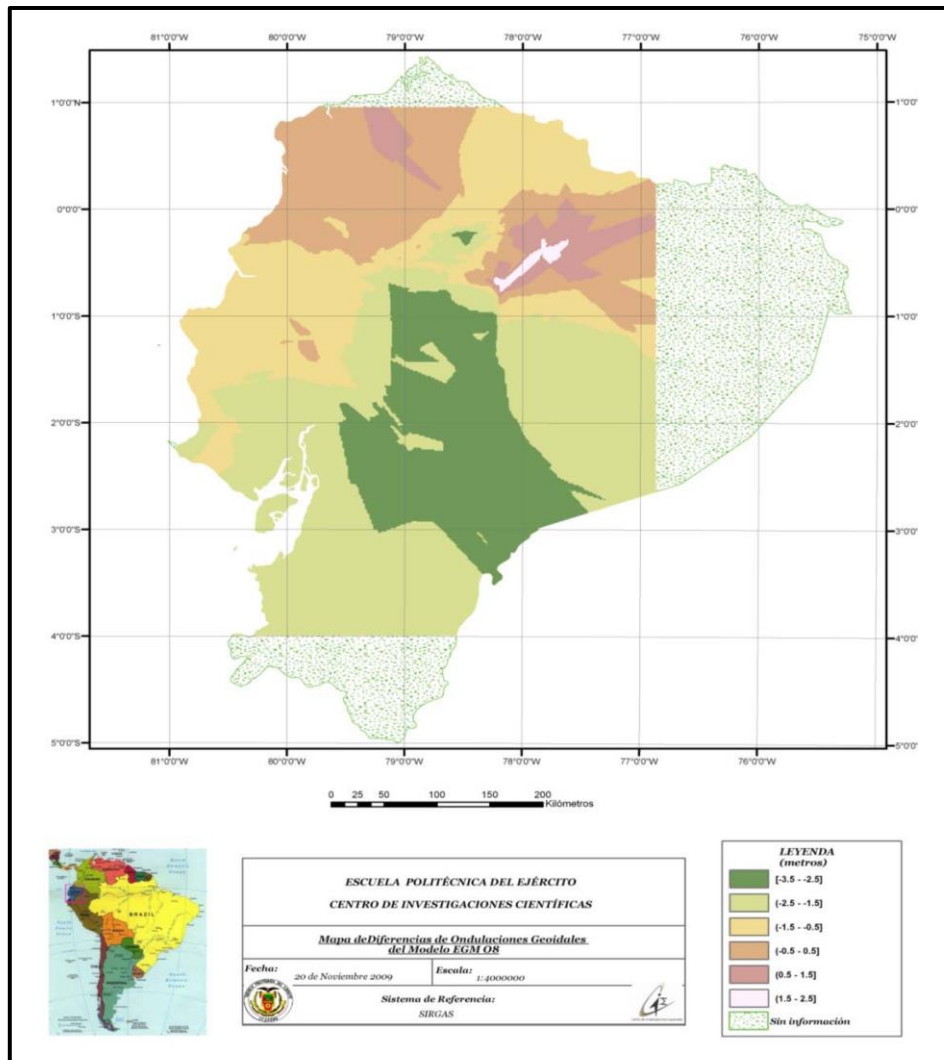


Figura 16. Diferencia en las ondulaciones geoidales para el modelo EGM08
 Fuente: (Tierra, 2009)

Como se puede observar en las figuras anteriores, de acuerdo al sitio en que se realicen los trabajos, se deberá escoger el modelo geoidal a ser usado; sin embargo, se tiene diferencias a nivel métrico en la componente vertical.

En el año 2015, el IGM ha publicado un modelo geoidal geométrico local mediante la utilización de las técnicas GPS y nivelación geométrica, que conjuntamente con una Red Neuronal Artificial del tipo RBF (Radial Basis Functions) la cual permite interpolar la ondulación geoidal en cualquier punto y que puede llegar a tener errores que según Tierra & Acurio (2016) pueden llegar hasta 40 cm con un error medio cuadrático de 0,2 cm, con lo cual se tendría error a nivel centimétrico en la componente vertical. Estas ondulaciones se representan en la siguiente figura:

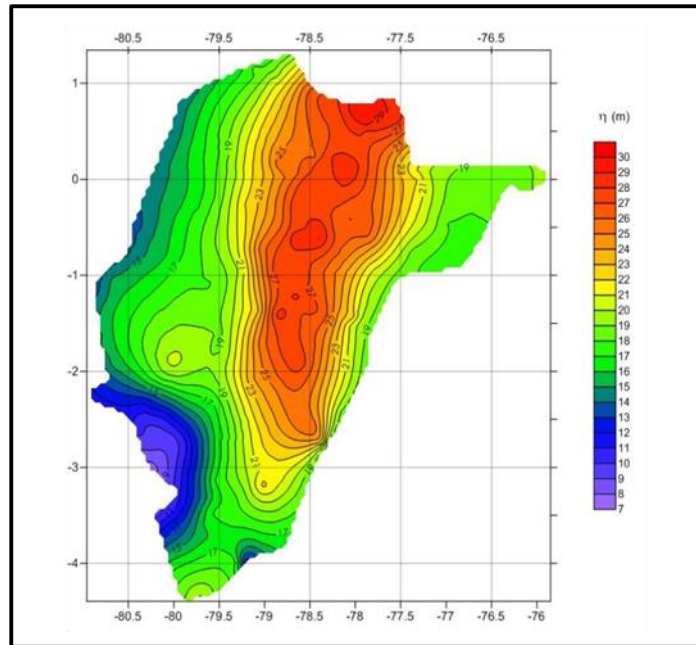


Figura 17. Modelo geoidal del Ecuador
Fuente: (Tierra & Acurio, 2016)

Tanto para consultar la información online o para descargar la aplicación y ejecutarla sin necesidad de estar conectado al internet la misma se encuentra alojada en el siguiente link: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/calculo-de-altura-geoidal/>

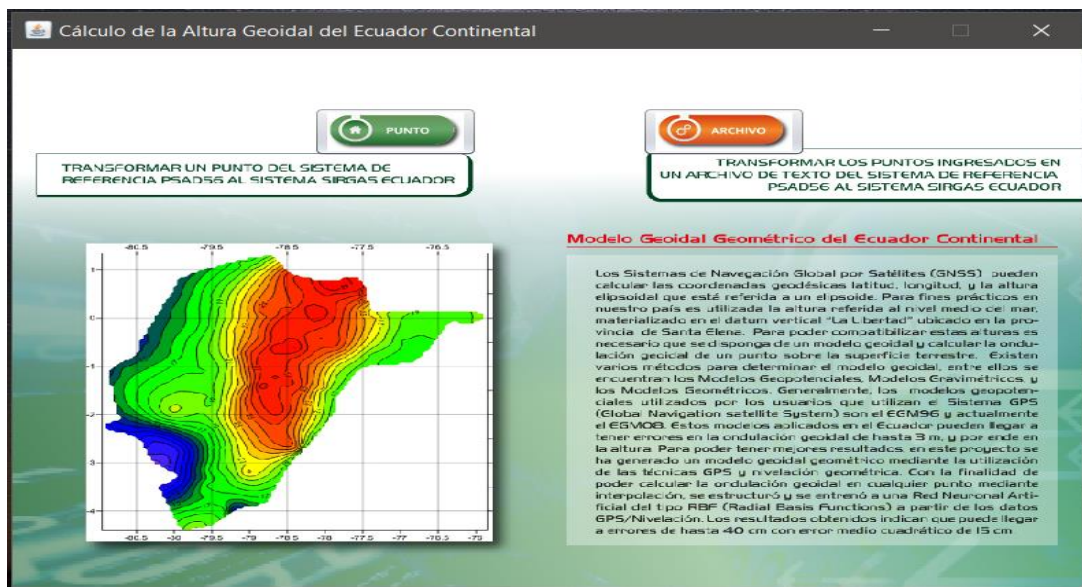


Figura 18. Aplicación para el cálculo de la altura geoidal para el Ecuador
Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2013)

2.5.4. Sistemas de referencia locales

En el Ecuador ciertas ciudades y cantones han generado sistemas de referencia locales las cuales son de uso obligatorio para todo proceso de generación y actualización grafica a nivel catastral, lo que permite tener una mayor precisión en su base cartográfica la cual es de mucha ayuda dentro de los planes de ordenamiento territorial.

Tanto Quito como Guayaquil han generado sus propios sistemas de referencia local, también existe una variante del sistema de Quito utilizada por el cantón Rumiñahui los cuales se detallan a continuación.

2.5.4.1. Sistema de referencia espacial para el Distrito Metropolitano de Quito – SIRES-DMQ

SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL – SIRES - DMQ	
Datum	WGS 84
Elipsoide	WGS 84
Proyección Cartográfica	Transversa de Mercator Modificada (TMQ-WGS84)
Zona	17 Sur Modificado
Falso Este	500 000 metros
Falso Norte	10 000 000 metros
Meridiano Central	W 78° 30' 00''
Origen de Latitudes	N 00° 00' 00''
Factor de Escala	1.0004584

Cuadro 7. Parámetros de transformación SIRES – DMQ
Fuente: (Distrito Metropolitano de Quito, 2007)

2.5.4.2. Sistema de referencia espacial Municipio de Rumiñahui

SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL – MUNICIPIO DE RUMIÑAHUI	
Datum	WGS 84
Elipsoide	WGS 84
Proyección Cartográfica	Transversa de Mercator Universal
Zona	17 Sur Modificado
Falso Este	778 275 metros
Falso Norte	10 000 000 metros
Meridiano Central	W 78° 30' 00''
Origen de Latitudes	N 00° 00' 00''
Factor de Escala	1.0004584

Cuadro 8. Parámetros de transformación Municipio de Rumiñahui
Fuente: (Ganchala & Moreira, 2013)

2.5.4.3. Sistemas de referencia espacial TM Guayaquil

SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL – TM GUAYAQUIL	
Datum	WGS 84
Elipsoide	WGS 84
Proyección Cartográfica	Transversa de Mercator Universal
Zona	17 Sur Modificado
Falso Este	500 000 metros
Falso Norte	2 242 320.51 metros
Meridiano Central	W 79° 52' 45.16''
Origen de Latitudes	S 02° 11' 33.09''
Factor de Escala	0.999272829

Cuadro 9. Parámetros de transformación TM Guayaquil

Fuente: (Ganchala & Moreira, 2013)

CAPÍTULO III

3. MÉTODOS TOPOGRÁFICOS Y CARTOGRÁFICOS

Para la elaboración de proyectos de ingeniería civil, como es el caso del aprovechamiento y evacuación de agua, generación de energía, aprovechamiento de recursos mineros, interconexión y movilidad a través de vías, catastro urbano y rural, entre otras, en los que se requiere la medición de grandes áreas de terreno para la planificación de obras, toma de decisiones y optimización de recursos, aquí radica la importancia del profesional de conocer los métodos topográficos y cartográficos, que se pueden utilizar para cada etapa dentro de la planificación de los proyectos dependiendo el tipo e importancia de los mismos.

Debemos considerar que el día de hoy ya hablamos de topografía computarizada, en la cual se utiliza herramientas y equipos de medición mucho más modernos que van mejorando día a día y que van desplazando a la topografía tradicional, la que a pesar de todos estos avances no deja y no dejara de existir, pues el nivel de precisión y confianza que brindan han evitado que desaparezca y se mantenga su uso en las etapas más críticas de los proyectos.

Es importante también conocer el alcance y requerimientos mínimos de cada una de las metodologías o actividades a realizarse ya que eso dependerá hasta qué punto es factible su uso y con esto conocer que tipos de entregables necesitamos ya sea para revisión o entrega de la información de campo.

A continuación, se detallarán cada uno de los puntos más importantes a analizarse siguiendo un flujo de trabajo pensado para la realización de topografía y cartografía para proyectos de ingeniería civil.



Figura 19. Flujo de trabajos de topografía para proyectos de ingeniería civil
 Fuente: Elaboración propia

Dependiendo de la tipología de los proyectos, importancia, precisión, las actividades a realizarse pueden verse disminuidas de lo indicado en la figura anterior, como es el caso en donde no sea tan importante enlazarse a la red de control vertical, ya sea porque solo necesitamos planimetría o en proyectos muy puntuales los que no requieren enlazarse a otros proyectos o no requieren precisión milimétrica en relación a su cota.

3.1. Puntos de control GNSS

3.1.1. Generalidades

Los sistemas de Navegación Satelital (GNSS) son aquellos que permiten la geo posición global bien sea autónoma o no autónoma, con ayuda de sistemas de aumento. Visto de otra perspectiva, el GNSS permite ubicar geográficamente los puntos (coordenadas) y su altitud con gran precisión en cualquier lugar del planeta, a cualquier hora y en todo tipo de condiciones meteorológicas, gracias a las señales emitidas por una red de satélites que giran en órbitas respecto a la Tierra. La información recopilada con este tipo de sistemas es muy útil e imprescindible para llevar a cabo trabajos de topografía, cartografía y geodesia.

Actualmente cuenta con el apoyo y soporte de 4 constelaciones satelitales de manera global que se detallan a continuación:

- *NAVSTAR-GPS*: sistema estadounidense de satélites conformado de 32 satélites, trabaja en la banda L1, L2, L5.
- *GLONASS*: sistema ruso de satélites que consta de 24 satélites, trabaja en la banda G1, G2, G3.
- *GALILEO*: sistema europeo de satélites conformado de 30 satélites, trabaja en la banda E1, E5a, E5b, E6.
- *BEIDOU*: sistema chino de satélites que consta de 42 satélites, actualmente es el de mayor cobertura y precisión, trabaja en la banda B1I, E5b, E6.

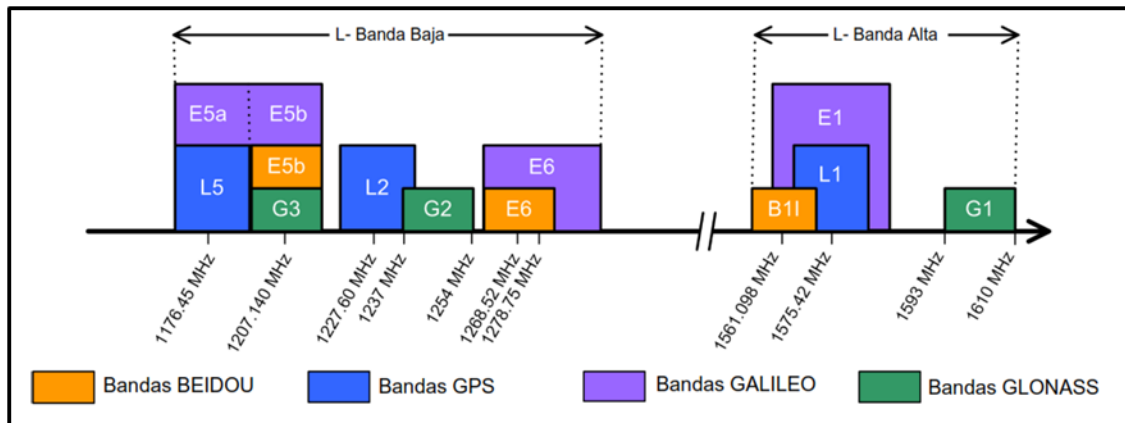


Figura 20. Frecuencia de operación de los sistemas GNSS
Fuente: Adaptado de (Rohde & Schwarz Andreas Reil, 2014)

Los sistemas GNSS hoy en día se encuentran disponibles en una infinidad de aparatos electrónicos como son computadoras, celulares, navegadores GNSS, antenas de frecuencia simple o doble, entre otros, los cuales nos brindan información a nivel métrico, centimétrico o milimétrico, dependiendo el uso que se requiera.

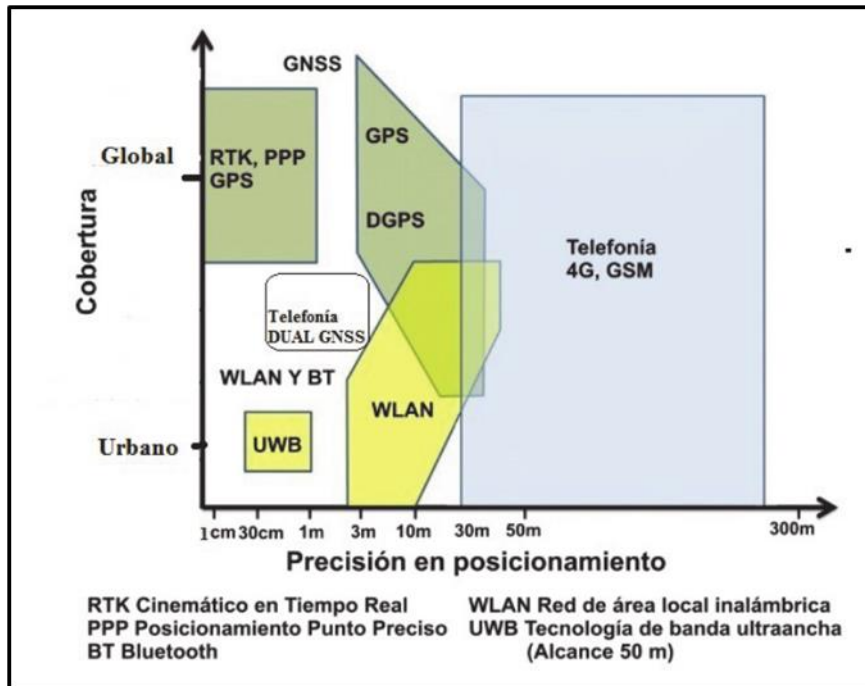


Figura 21. Precisión de posicionamiento

Fuente: (Berné Valero, Garrido Villén, & Capilla Romá, 2019)

La precisión en posicionamiento va de la mano del tipo de equipo a ser utilizado y de las condiciones en las que se realice las mediciones, por lo que debemos considerar que tenemos 2 tipos de posicionamiento:

- *Posicionamiento absoluto:* es utilizado diariamente por los usuarios en general ya sea en equipos celulares, navegadores GNSS, computadoras, etc., y en donde utilizamos un equipo receptor y por lo menos 4 satélites para determinar la ubicación de un punto, dependiendo del código que se utilice se podrá alcanzar precisiones de 3 a 5m en tiempo real.
- *Posicionamiento relativo:* llamado también diferencial y es utilizado para usos profesionales de posicionamiento, en los que se requiere 2 receptores conectados simultáneamente recibiendo la señal satelital GNSS para determinar la ubicación de un punto, dependiendo como se realicen las medidas se puede obtener precisiones de 0.3 a 5m en código y de 5 a 30mm en fase.

Es importante también que los receptores posean una gran cantidad de canales, ya que cada canal tiene la posibilidad de recibir una señal de cada satélite y dependiendo el receptor es de frecuencia simple o doble frecuencia los satélites pueden enviar varias señales al mismo y aquí radica la importancia del número de canales.

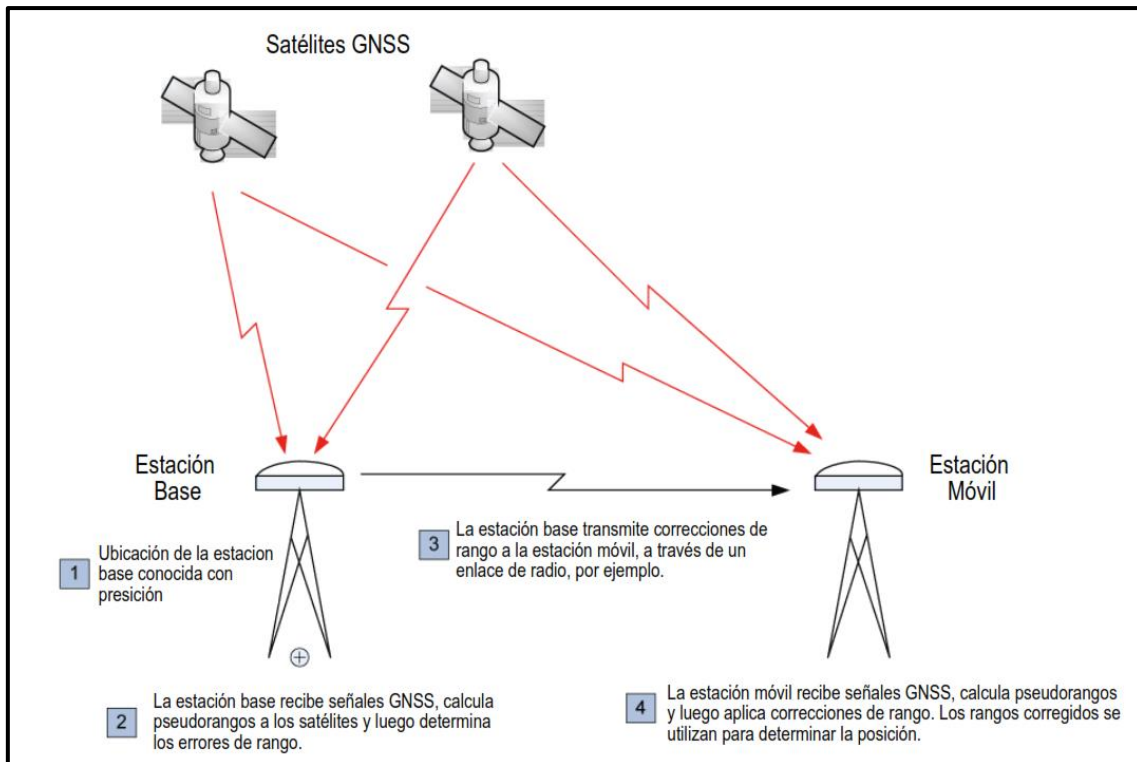


Figura 22. Procedimiento para obtener coordenadas de un punto cualquiera mediante satélites GNSS

Fuente: (Humboldt State University, 2015)

El proceso que describe la figura consiste en los pasos para obtener las coordenadas de cualquier punto, los pasos son los siguientes:

1. Conocer la ubicación precisa de la estación base.
2. Para calcular la distancia de los satélites y determinar el rango de error, la base debe recibir las señales GNSS.
3. Posterior a lo anterior, a través de un radio, la base transmite las correcciones a las estaciones móviles.
4. Luego, las estaciones móviles al recibir la señal GNSS calcula la distancia y la corrige para determinar la posición.

Se debe considerar también las efemérides que son datos que nos sirven para determinar la posición del satélite en la órbita, pueden ser de 2 tipos:

- *Efemérides transmitidas*: son aquellas que son transmitidas por cada satélite y consisten en un conjunto de 16 a 20 elementos que vienen en el mensaje de navegación y se actualizan generalmente cada 30 segundos. La precisión de estas efemérides es de 1 a 2m.
- *Efemérides precisas*: son aquellas que se calculan por los receptores GNSS de las redes de rastreo y que representan la órbita real de cada satélite, se publican vía internet y son de 3 tipos:
 - *Ultrarrápidas (IGU)*: se publican cada 6 horas y tienen una precisión de 25cm.
 - *Rápidas (IGR)*: se publican del primer al segundo día después del día de observación y tiene una precisión de 5 a 10cm aproximadamente.
 - *Finales (IGS)*: se publican entre 12 y 18 días después del día de observación y tiene una precisión de 5cm aproximadamente.

Además del número de satélites visibles, otro parámetro importante a considerar en la toma de puntos de control es el DOP (Dilution Of Position) que es la composición geométrica de los satélites que registran los receptores para determinar su posición y tiempo, la disposición de los satélites en el cielo afecta la precisión del posicionamiento GNSS.

La disposición ideal (de cuatro satélites mínimos) es un satélite directamente encima, otros tres igualmente espaciados cerca del horizonte (por encima del ángulo de máscara). De hecho, si dos o más de los satélites están alineados para parecer que ocupan el mismo espacio, entonces puede ser imposible obtener una posición precisa. (Tahsin, Sultana, Reza, & Hossam-E-Haider, 2015)

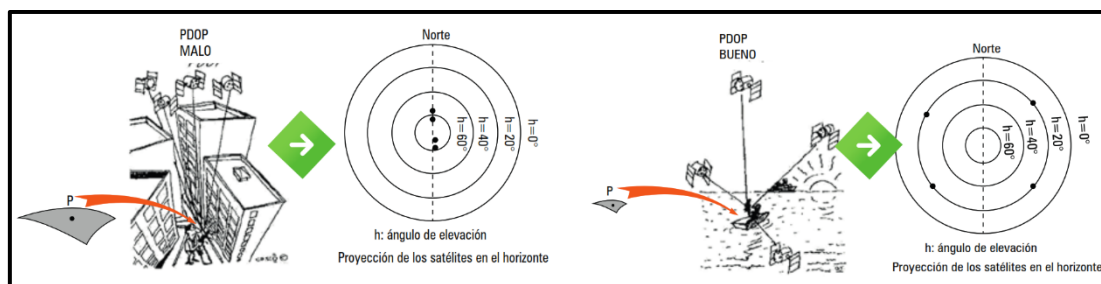


Figura 23. Área de incertidumbre debido a la buena y mala geometría del satélite

Fuente: Adaptado de (Mendoza, 2021)

Como menciona Carmena Cabanillas (2021), el DOP también se puede expresar como una serie de componentes separados:

- *PDOP*: es la incertidumbre en la precisión debido a la posición geométrica 3D de los satélites. Este a la vez se divide en:
 - *HDOP*: dilución de precisión horizontal (latitud y longitud).
 - *VDOP*: dilución de precisión vertical (altura).
- *TDOP*: es la incertidumbre en la precisión debido a la falta de sincronización de los relojes.

$$DOP = \sqrt{(PDOP^2 + TDOP^2)}$$

El DOP se obtiene a partir de los almanaques del receptor y este valor puede verse incrementado por la presencia de obstáculos (árboles, construcciones, montañas) que impidan la transmisión de la señal de algunos satélites.

Dependiendo de los valores que tengamos de DOP se clasifican de la siguiente manera:

VALOR DOP	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Ideal	El más alto nivel de confianza. Difícil de obtener
2 – 4	Excelente	Aplicable para mediciones de alta precisión.
4 – 6	Bueno	Aplicable para mediciones ordinarias.
6 – 8	Moderado	Las mediciones pueden ser usadas, pero se debe mejorar la
8 – 20	Justo	Indican una estimación aproximada de la ubicación
> 20	Pobre	Las mediciones son inexactas

Cuadro 10. Clasificación DOP

Fuente: Adaptado de (Mendoza, 2021; Tahsin et al., 2015)

3.1.2. Métodos de posicionamiento

El sistema GNSS permite el posicionamiento con distintos métodos de observación, de acuerdo al equipo que se disponga, a la exigencia de precisión y a la técnica de proceso de los observables. (Berné Valero et al., 2014)

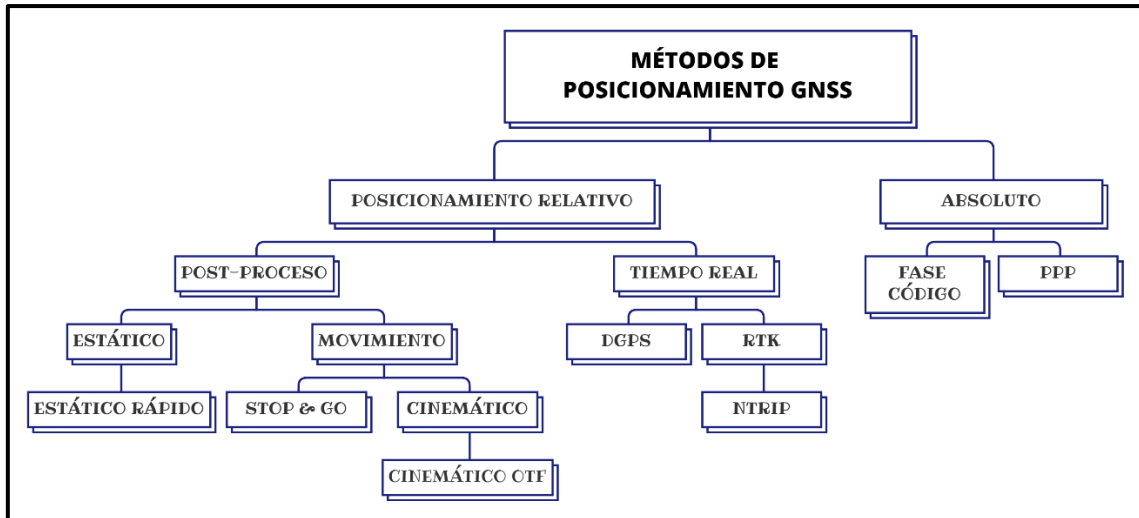


Figura 24. Métodos de posicionamiento GNSS

Fuente: Adaptado de (Berné Valero et al., 2014; Comisión Interdepartamental de Estadística y Cartografía de Andalucía, 2011)

Esta clasificación considera las técnicas de observación y posicionamiento desde un criterio más apegado a la topografía y cartografía, teniendo métodos que necesitan el postproceso de los observables luego de realizada la medición para tener precisiones milimétricas en los resultados, mientras que existen otros métodos en los que los resultados son obtenidos en tiempo real, aunque con precisiones centimétricas.

3.1.2.1. Métodos de posicionamiento según observables

- *Medidas de código:* se determina a partir de las pseudodistancias entre el satélite y el receptor mediante la utilización de código de la portadora, ya sea código P y/o código C/A. Precisión métrica.

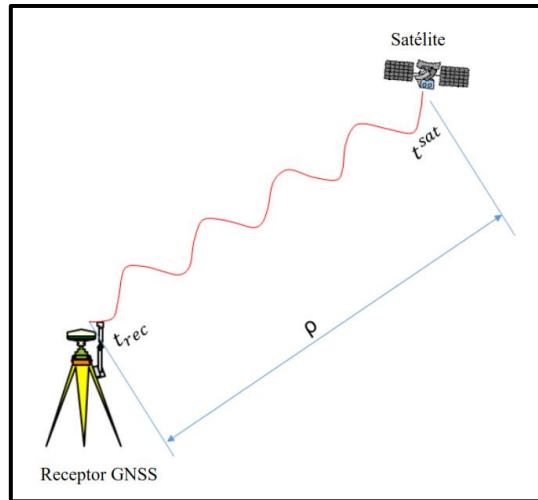


Figura 25. Señal de pseudodistancia
 Fuente: Adaptado de (Orduña Diaz, 2019)

- *Medidas de Fase:* además de registrar las pseudodistancias, se efectúa seguimiento de la fase de la propia portadora limpia de código. Precisión centimétrica o milimétrica. (Berné Valero et al., 2014)

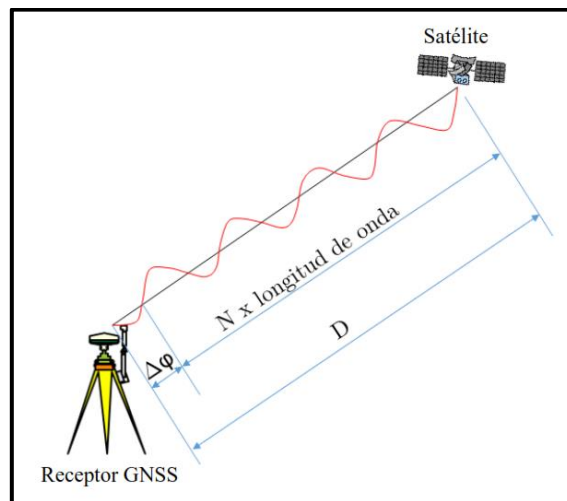


Figura 26. Medida de fase
 Fuente: Adaptado de (Orduña Diaz, 2019)

3.1.2.2. Métodos de posicionamiento con postproceso

Son aquellos en los que se utiliza 2 o más receptores GNSS en diferentes puntos en los que luego de realizar las observaciones satelitales se descarga la información de estos a una computadora y se los procesa con algún software dedicado para así buscar las coordenadas requeridas. Dependiendo del lugar donde se realizará la medición se podrá utilizar un punto con coordenadas conocidas o se puede enlazar a una estación de referencia la cual está recibiendo observaciones constantemente.

Estos métodos se dividen en:

- **Estático:** Este sistema es utilizado para mediciones de largas distancias (mayores a 20 km) y en caso de que se requiera gran exactitud. Es el que se emplea en geodesia y topografía de precisión. Se debe contar con al menos 4 satélites y un DOP menor de 8, aunque si se requiere mejor precisión no debe ser mayor de 5.
 - **Ventajas**
 - Es económico y brinda mayor exactitud y eficiencia que los métodos utilizados en topografía tradicional.
 - Reemplaza al método de triangulación.
- **Estático rápido:** Es un posicionamiento estático con periodos más cortos de observación, pero a la vez con distancias menores de 20 km.
 - **Ventajas**
 - Brinda mayor exactitud, eficiencia y rapidez que otros métodos.
 - No requiere mayor consumo de energía.
 - No se necesita tener acercamiento con los satélites entre estaciones.
 - Cada punto se mide de forma independiente, por lo que no existe acarreo de errores de un punto a otro.
 - **Desventajas**
 - No se puede aplicar este método en zonas pobladas con grandes edificaciones ya que éstas impedirían la recepción de señales de los satélites.

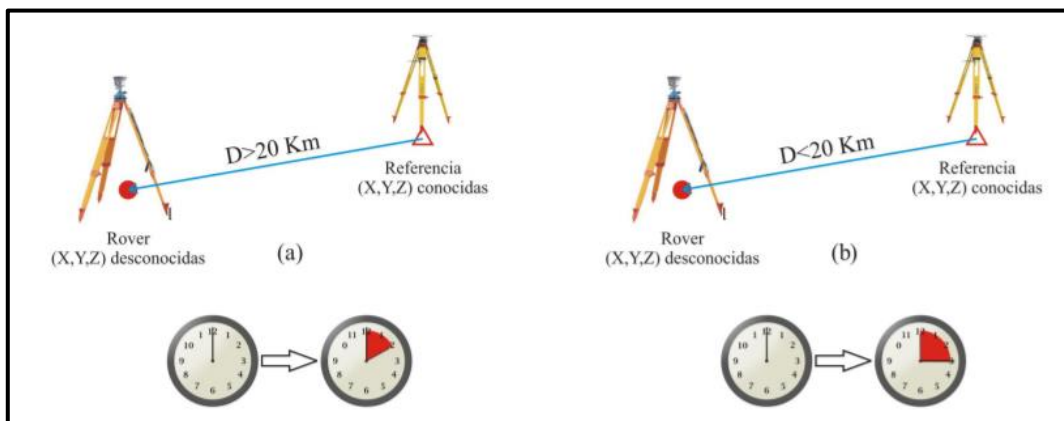


Figura 27. (a) Sistema Estático y (b) Sistema Estático rápido

Fuente: (Comisión Interdepartamental de Estadística y Cartografía de Andalucía, 2011)

Nº de satélites GDOP <=8	Longitud de la línea base	Tiempo de observación DIA	Tiempo de observación NOCHE
<i>ESTAT. RÁPIDO</i>			
4 ó 5	Menos de 5Km.	De 5 a 10 min.	5 min.
4 ó 5	De 5 a 10 Km.	De 10 a 20 min.	De 5 a 10 min.
4 ó 5	De 10 a 15 Km.	Alrededor de 30 min.	De 5 a 20 min.
<i>ESTÁTICO</i>			
4 ó 5	De 15 a 30 Km.	De 1 a 2 horas.	1 hora
4 ó 5	Más de 30 Km.	De 2 a 3 horas.	2 horas

Cuadro 11. Tiempo de observación de acuerdo a la longitud de línea

Fuente: (Peñañiel & Zayas, 2001)

Para el tiempo de observación se pueden utilizar los valores del cuadro 11 o también se lo puede estimar a través de la siguiente fórmula dada por el IGM:

$$T = 30 \text{ min} + 2 \text{ min} * \text{Distancia en Km}$$

- *Cinemático*: En este sistema, el receptor de referencia se encontrará siempre en una posición estática, mientras que el receptor móvil se mantendrá en movimiento. Para resolver ambigüedades el móvil se inicializará ya sea por estático rápido o por coordenadas conocidas, se requiere de por lo menos de 5 satélites y un DOP menor de 8, aunque si se requiere mejor precisión no debe ser mayor de 5.

- **Ventajas**

- Permite medir de forma consecutiva, precisa, rápida y económica.
- Mantiene el contacto con los satélites.

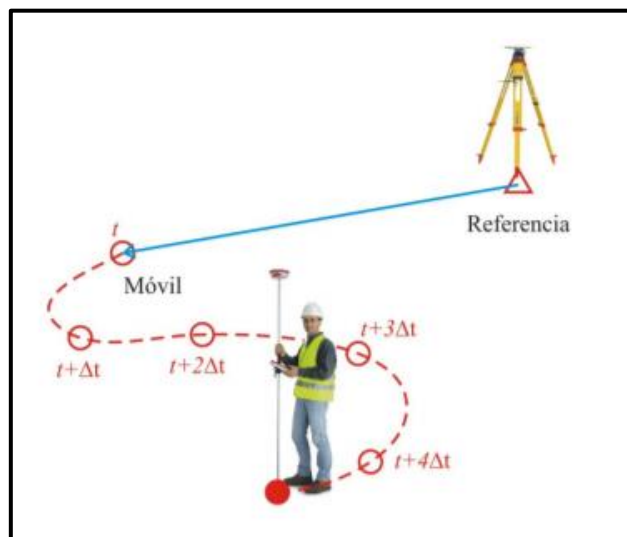


Figura 28. Sistema Cinemático

Fuente: (Comisión Interdepartamental de Estadística y Cartografía de Andalucía, 2011)

- *Cinemático "on the fly" (OTF)*: Es muy similar al cinemático con la diferencia que en este sistema no se deberá inicializar el receptor móvil, es utilizado en equipos doble frecuencia y drones, también se lo conoce como PPK (Post Processed Kinematic) puede llegar a precisiones centimétricas y se requiere de por lo menos de 5 satélites y un DOP menor de 8, aunque si se requiere mejor precisión no debe ser mayor de 5.

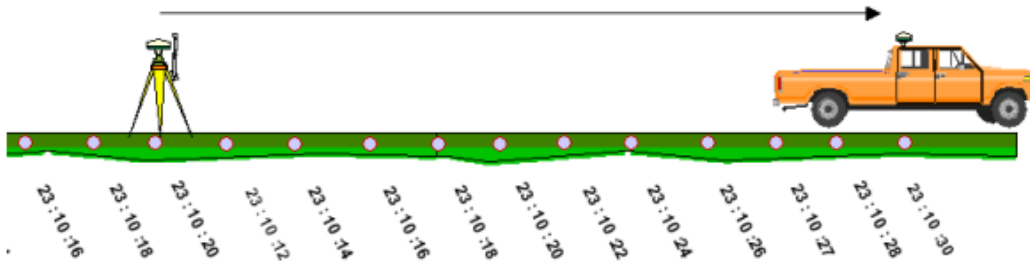


Figura 29. Sistema Cinemático "on the fly"

Fuente: (Comisión Interdepartamental de Estadística y Cartografía de Andalucía, 2011)

- *Stop & Go (semi-cinemático)*: Estacionamiento parecido al cinemático, en el cual el receptor móvil permanece estacionado en el punto por varios segundos, se almacena la información y continua la medición sin perder la señal de los satélites, caso contrario se deberá comenzar una nueva cadena.

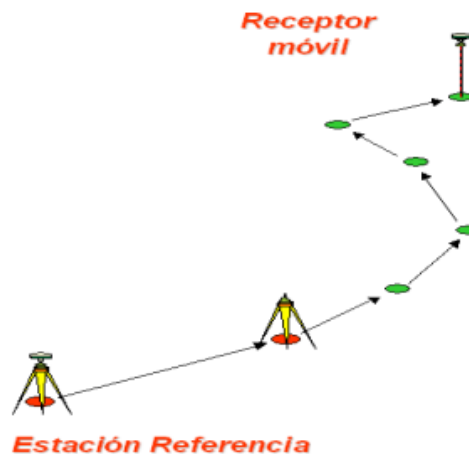


Figura 30. Sistema Stop & Go

Fuente: (Comisión Interdepartamental de Estadística y Cartografía de Andalucía, 2011)

3.1.2.3. Métodos de posicionamiento en tiempo real

En este método los datos de las coordenadas se obtienen prácticamente en ese instante, siendo la base o la estación de referencia la que realiza las correcciones y las envía por radio o internet al receptor móvil para la obtención en tiempo real de las coordenadas precisas del punto.

Existen varias técnicas para el uso del equipo GNSS en tiempo real como son:

- *RTK (Real Time Kinematic)*: Utiliza el principio del posicionamiento en tiempo real, en el cual la base a través del sistema de radio envía las correcciones diferenciales a los receptores móviles para obtener coordenadas con precisión centimétrica, esta técnica está limitada al rango de cobertura de la radiofrecuencia, a líneas base cortas de no más de 10 km y a áreas relativamente pequeñas y abiertas.
- *NTRIP (Networked Transport of RTCM vía Internet Protocol)*: Es una variante del método RTK la diferencia radica en que las correcciones diferenciales son transmitidas por internet por las estaciones de referencia. Consta de tres componentes:
 - *Servidor NTRIP*: Conformado por la estación de referencia GNSS cuyas correcciones son enviadas a una unidad central (servidor).
 - *Caster NTRIP*: Servidor de internet que recoge las correcciones y las distribuye al cliente o usuario previamente identificado.
 - *Cientes NTRIP*: Receptores GNSS móviles que reciben la información enviada por el Caster vía internet.

3.1.3. Utilización de los métodos de posicionamiento en trabajos de campo

3.1.3.1. Sistemas Estáticos

- Levantamientos geodésicos, control horizontal y vertical.
- Inspección de movimientos de placas tectónicas.
- Registro de deformaciones en estructuras.
- Reemplaza al método de poligonales.

- Útil en todo tipo de trabajos en los que se requiera tener un número de puntos elevado.
- Fotogrametría.

3.1.3.2. Sistemas Dinámicos

- Define el trayecto de cuerpos desplazándose.
- Levantamientos de ejes de vías y ferrocarriles.
- Medición de perfiles transversales.
- Batimetría y levantamientos hidrográficos.

3.1.4. Control vertical

El control vertical es lo que se conoce también como altimetría, la cual se ocupa de estudiar diferentes métodos para determinar las distancias o niveles verticales entre varios puntos de un terreno en un plano horizontal. Sin embargo, también se pueden obtener dichas distancias a partir de la inclinación del terreno y el espacio inclinado entre dos puntos, para conseguir el esquema vertical.

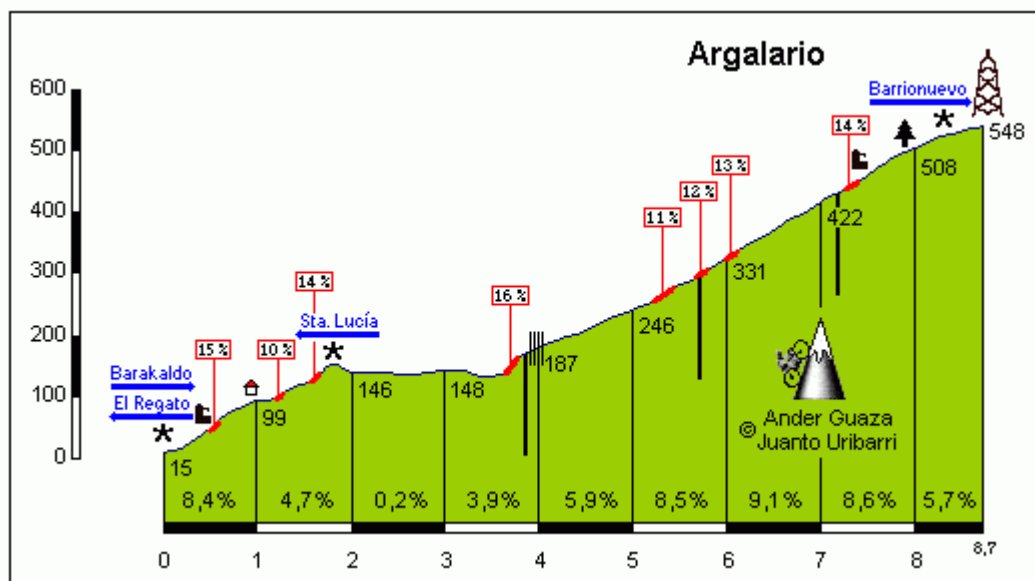


Figura 31. Ejemplo de esquema vertical
Fuente: (Rosales, 2018)

3.1.4.1. Utilidad del control vertical

La utilidad del control vertical radica en la representación real de la forma del terreno, es decir permite obtener un perfil completo del terreno. Esto es muy ventajoso sobre el control horizontal que solo permite proyecciones en ejes horizontales sin dar el perfil completo del terreno.

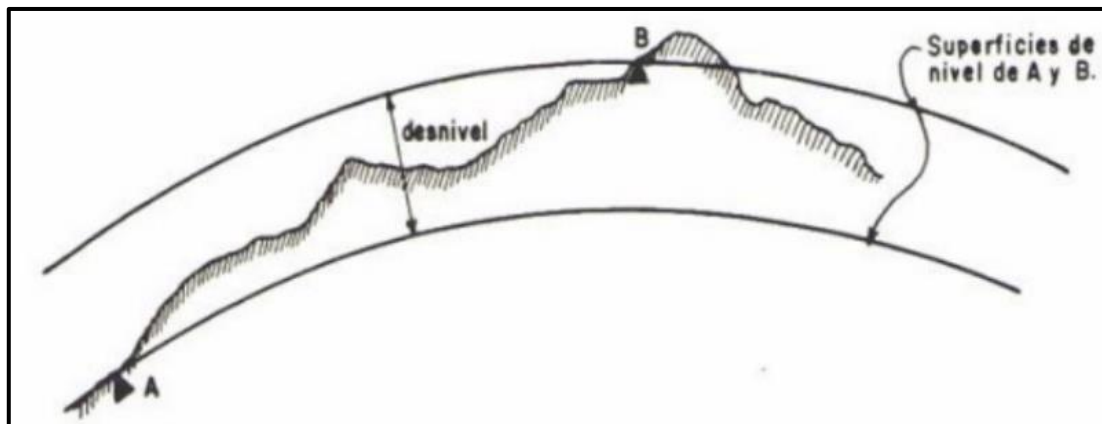


Figura 32. Desnivel entre punto A y punto B
Fuente: (Universidad Nacional de Ingeniería, 2019)

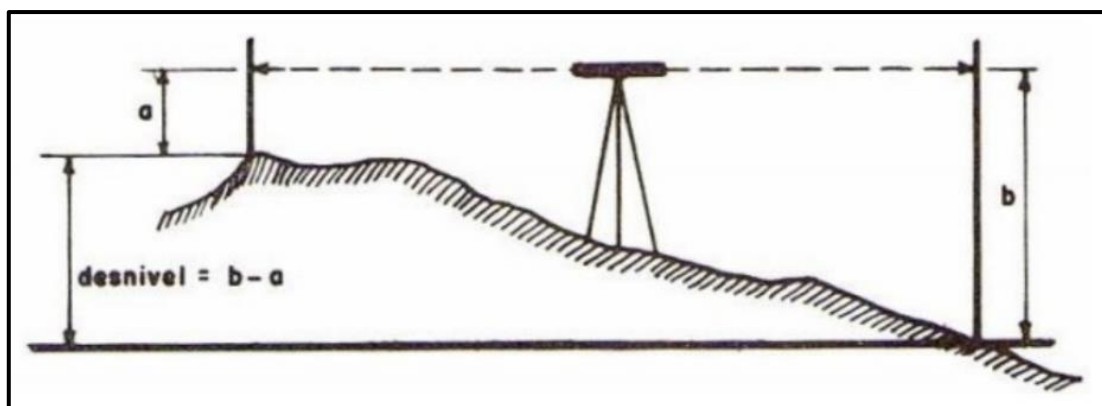


Figura 33. Obtención de desnivel entre punto a y b mediante nivelación
Fuente: (Universidad Nacional de Ingeniería, 2019)

3.1.5. Recomendaciones generales

- Se debe ubicar los puntos en un lugar despejado de ser posible tratando de evitar el mutipath, caso contrario se debería aumentar el tiempo de observación al doble para tener una mayor exactitud.

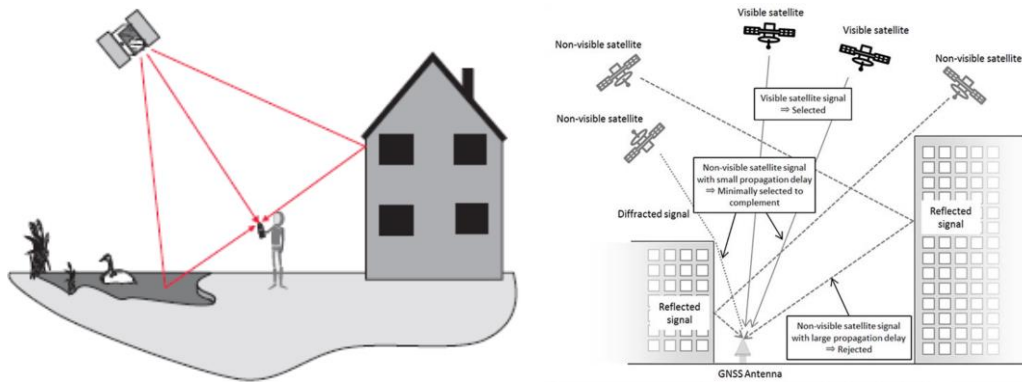


Figura 34. Multipath GNSS

Fuente: Elaboración propia

- Al momento de colocar la antena receptora GNSS es preferible que esta se encuentre sobre la cabeza del operador, ya que esta podría interferir la señal de los satélites o a su vez que el operador se encuentre alejado de la misma.
- Realizar la calibración de los equipos topográficos a emplearse en el proyecto para lograr la precisión de las observaciones realizadas. Evitar el uso de equipos en condiciones climáticas desfavorables para evitar daños en los equipos y errores en la medición de las observaciones (Carrera, 2021).
- Mantener los equipos lejos del calor excesivo y la humedad para evitar daños de los materiales y piezas que componen el equipo.
- Cargar la batería de manera adecuada para culminar las mediciones sin errores.
- Evitar realizar mediciones en horas del mediodía en vista de que la posición geométrica de los satélites en ese horario puede ocasionar problemas de PDOP.
- Es necesario que exista visibilidad directa entre por lo menos dos puntos de control, ya que estos nos servirán para posicionar y orientar las estaciones totales para la realización de trabajos posteriores como son poligonales, levantamientos topográficos y replanteos.
- Para realizar RTK vía radio es importante que la antena base se encuentre en el lugar más alto y despejado para que las antenas móviles o rovers reciban las correcciones de manera adecuada. Adicionalmente, la distancia máxima entre base y rover dependerá del tipo de radio a utilizarse y se debe considerar que mientras mayor sea esta distancia la precisión en los puntos disminuirá.

- En caso de realizar RTK vía internet (NTRIP) es importante tener una buena cobertura de internet, ya sea mediante red de telefonía celular o fija. Se debe considerar también que la estación de referencia no se encuentre a más de 20 Km del lugar de trabajo ya que los errores sobrepasarían los 10 cm, además tener en cuenta que la solución sea fija (1-2cm) y evitar usar soluciones flotantes (20-30cm).
- De ser posible se deberá trabajar con las efemérides precisas finales o rápidas de ser el caso, ya que esto aumentará la precisión de los puntos de control.

3.1.6. Información mínima requerida para postproceso y revisión

La información mínima requerida para realizar el postproceso de los puntos es:

- Datos crudos de las antenas GNSS de ser posible Rinex.
- Hoja de campo de las observaciones GNSS (Anexo 1).
- Datos GNSS de la estación de monitoreo continuo más cercana obtenidos del IGM.
- Efemérides precisas rápidas o finales, las que pueden ser descargadas del CDDIS de la NASA mediante el siguiente enlace https://cddis.nasa.gov/Data_and_Derived_Products/GNSS/orbit_products.html

Mientras que para la revisión es necesario la siguiente información:

- Datos crudos de las antenas GNSS de ser posible Rinex.
- Hoja de campo de las observaciones GNSS.
- Datos GNSS de la estación de monitoreo continuo más cercana obtenidos del IGM.
- Efemérides precisas rápidas o finales.
- Informe de procesamiento de líneas base.
- Informe de ajuste de red.
- Monografías de los puntos de control.
- Especificar el modelo geoidal utilizado en el postproceso o el enlace a la red de control vertical del IGM.

3.2. Topografía tradicional

3.2.1. Poligonal de precisión

Se trata de una serie de líneas o dos sucesivos interconectados entre sí, donde las longitudes y direcciones son obtenidas mediante mediciones directas en campo. Se considera un procedimiento para definir las coordenadas topográficas de los puntos, específicamente determina los puntos de apoyo planimétricos.

3.2.1.1. Levantamientos mediante poligonales

Entre los elementos más importantes de las poligonales, están los ángulos formados por sus lados. Estos ángulos pueden ser medidos haciendo uso de diferentes métodos, entre los cuales están: pares conjugados, repetición, entre otros. Además, se debe tomar en cuenta que, para realizar levantamientos, los ángulos deben ser medidos en sentido horario. Los tipos de ángulos que se pueden encontrar en una poligonal son: internos, externos y de deflexión, como se muestra a continuación:

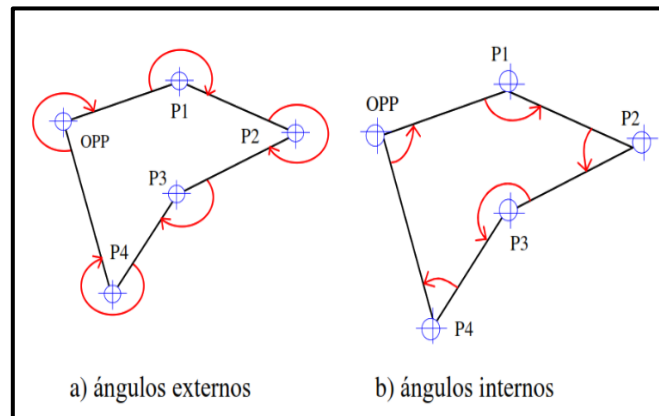


Figura 35. Ángulos externos e internos de una poligonal cerrada
Fuente: (Koenig Veiga et al., 2012)

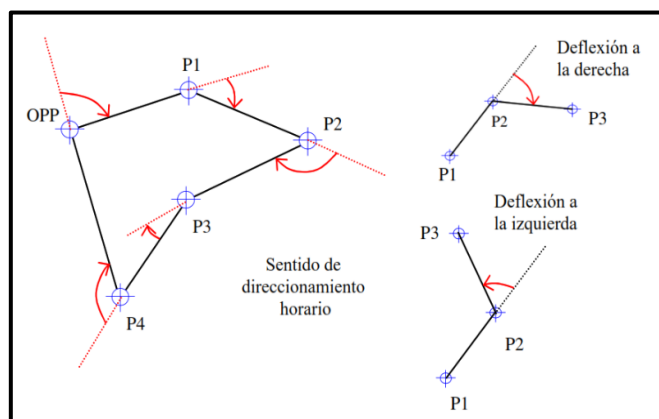


Figura 36. Ángulos de deflexión en poligonales cerradas
Fuente: (Koenig Veiga et al., 2012)

Los levantamientos de poligonales se utilizan en casos donde el terreno tiene una gran extensión o existen elementos que impiden tener una visibilidad adecuada.

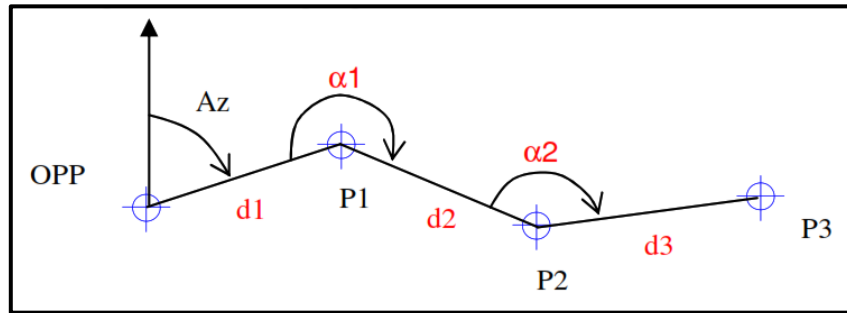


Figura 37. Levantamiento de una poligonal
Fuente: (Koenig Veiga et al., 2012)

Para detallar los pasos a seguir para realizar el levantamiento, se ha tomado como ejemplo a un terreno en forma de polígono con vértices numerados del 1 al 10.

1. Nivelar la estación total en el punto 1.



Figura 38. Estación nivelada en el punto 1
Fuente: (Quiroz, 2012)

2. Ubicar el punto 2, realizar la medición del azimut (ángulo medido en dirección a las manecillas del reloj desde el Norte hasta un cuerpo cualquiera) entre $\Delta 1$ y $\Delta 2$ y finalmente medir la distancia 1-2.

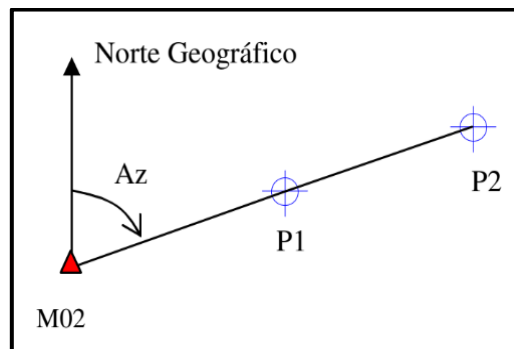


Figura 39. Representación del azimut
Fuente: (Koenig Veiga et al., 2012)

3. Llevar la estación total hasta $\Delta 2$, centrarla y nivelarla, ubicar el punto 3, medir el ángulo 123 y medir la distancia 2-3.
4. Llevar la estación total hasta $\Delta 3$ y realizar el mismo procedimiento especificado en el paso 3. Se debe repetir este proceso en los puntos del 4 al 10.
5. Se centra una vez más la estación total en $\Delta 1$ y se mide el ángulo 10-1-2.

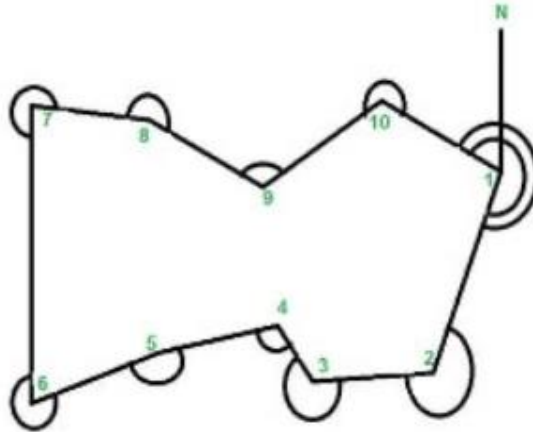


Figura 40. Representación del terreno en forma de polígono

Fuente: (Quiroz, 2012)

3.2.1.2. Tipos de poligonal

Según la Norma Brasileña 13133, indica que las poligonales se clasifican en: principales, secundarias y auxiliares.

- *Poligonal principal:* Determina los puntos de apoyo topográfico de primera orden.
- *Poligonal secundaria:* Determina los puntos de apoyo topográfico de segundo orden.
- *Poligonal auxiliar:* Los vértices de este poligonal están distribuidos en el área a ser levantado permitiendo recolectar los puntos importantes según la escala y nivel de detalle requerido para el levantamiento. La recolección se hace de forma directa o indirectamente, por radiación o intersección.

Las poligonales también se pueden clasificar en: cerradas, encuadradas y abiertas.

- *Poligonal cerrada*: Inicia en un punto con coordenadas conocidas y termina en el mismo punto. Una de sus principales ventajas es que permite verificar errores angulares y lineales.

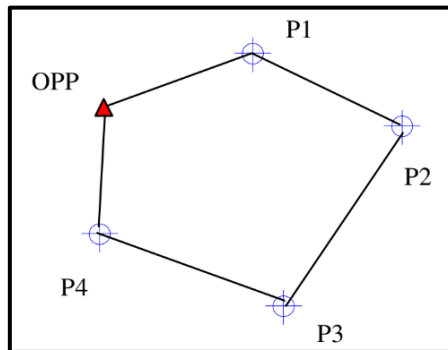


Figura 41. Poligonal cerrada
Fuente: (Koenig Veiga et al., 2012)

- *Poligonal abierta con control de cierre*: Inicia conociendo las coordenadas de los primeros dos puntos y finaliza de igual manera conociendo las coordenadas de los dos últimos puntos, permitiendo verificar errores lineales y angulares.

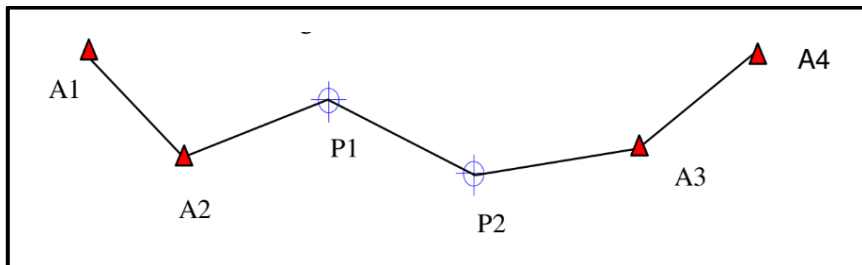


Figura 42. Poligonal encuadrada
Fuente: (Koenig Veiga et al., 2012)

- *Poligonal abierta*: Parte en un punto con coordenadas conocidas y termina en un punto cuyas coordenadas se desea conocer. A diferencia de las poligonales anteriores, ésta no permite determinar errores, requiriendo mucho cuidado en la toma de ángulos y distancias.

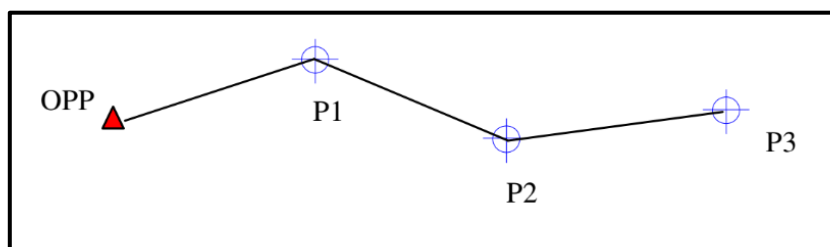


Figura 43. Poligonal abierta
Fuente: (Koenig Veiga et al., 2012)

3.2.1.3. Control vertical de la poligonal

El levantamiento vertical es un proceso topográfico que permite determinar alturas sobre el nivel medio del mar. En el posicionamiento del suelo, con fines cartográficos, el hecho de que la posición horizontal esté referenciada a un elipsoide y la elevación esté referenciada al geoide no es difícil. Sin embargo, la información geodésica precisa requiere ajustes en la información vertical para compensar las fluctuaciones en el geoide, bien sea por arriba o debajo del elipsoide y las superficies matemáticas regulares. Para realizar este ajuste se aplican técnicas geodésicas avanzadas, sofisticadas y utiliza el nivel geodésico para establecer la red de control vertical básica (Quispe, 2015).

Todos los métodos utilizan el nivel medio del mar como referencia. Este nivel de agua se determina a partir del promedio por hora de los cambios en el nivel del agua durante un año o más en la estación gráfica de mareas. Existen varias técnicas de nivelación: geométrica o diferencial, trigonométrica y barométrica, cada una de las cuales produce un nivel diferente de precisión, siendo la primera mencionada anteriormente la más precisa de las tres (Quispe, 2015).

3.2.1.4. Cálculo de errores

En el caso de las poligonales cerradas la suma de las proyecciones deben igual a cero sobre todos sus ejes (norte-sur y este-oeste). Sin embargo, los fallos operacionales por el uso de instrumentos necesarios para medir distancias, va a arrojar un error de cierre lineal

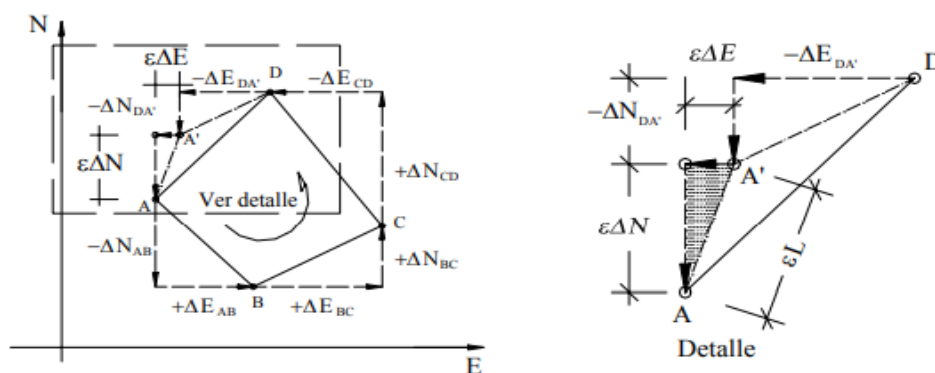


Figura 44. Error de cierre lineal en poligonales cerradas
Fuente: (Casanova, 2014).

En esta figura, el punto A' simboliza la posición del punto A, una vez que se calculan las proyecciones con las distancias, después de medirlas. Se debe tomar en cuenta que, para

que se cumpla la condición lineal de cierre, el punto A' debe coincidir exactamente con el punto A (Casanova, 2014).

En caso de hacer suma de proyecciones a lo largo del eje norte-sur, se tendría:

$$\varepsilon\Delta N = \Sigma\Delta_{N-S}$$

De igual manera, sumando proyecciones sobre el eje este-oeste tenemos:

$$\varepsilon\Delta E = \Sigma\Delta_{E-O}$$

Por tanto, el error lineal vendrá dado por:

$$\varepsilon L = \sqrt{\varepsilon\Delta N^2 + \varepsilon\Delta E^2}$$

La medición incorrecta de distancias y ángulos, como la planificación y ejecución inadecuada de los trabajos resulta ser las causas más comunes de los errores poligonales. Entre estos errores se pueden mencionar: ocupar vértices equivocados, orientar incorrectamente la poligonal o confundir el sentido en el que los ángulos fueron medidos (INEGI, 2009).

3.2.1.5. Precisión horizontal de la poligonal

Siguiendo las recomendaciones del IGM se ha tomado como guía el manual de especificaciones topográficas del IPGH (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1979) en el cual se indica que la precisión de las mediciones en distancia está dentro de:

- Primer orden
1:35 000 Red básica de control horizontal
- Segundo orden
1:15 000 Proyectos especiales
- Tercer orden
1:7 500 Planos de ciudades

3.2.1.6. Precisión vertical de la poligonal

Según el IGM (Instituto Geográfico Militar, 2006), el error máximo permitido de las poligonales en el componente vertical (nivelación geométrica) este dado por:

- Primer orden
 $4 \text{ mm} \times \sqrt{K}$ Red básica de control vertical
- Segundo orden
 $8.4 \text{ mm} \times \sqrt{K}$ Proyectos especiales
 $9.0 \text{ mm} \times \sqrt{K}$ Planos de ciudades

Donde:

K : distancia en kilómetros cuando se repite una sección o recorrido (ida y vuelta)

3.2.1.7. Recomendaciones generales

- Para obtener las precisiones requeridas es necesario utilizar equipos topográficos de precisión de 1' o 2", dependiendo del orden del proyecto.
- Se debe utilizar trípodes pesados de madera ya que los mismos soportan de mejor manera las vibraciones y evitan que el equipo se desnivele o tenga fallos en el compensador.
- El personal técnico encargado del manejo del equipo debe estar debidamente capacitado en su uso.
- Se requiera el uso de un bípode para el bastón y prisma, de ser posible se pueda mirar con el equipo la estaca colocada para garantizar la verticalidad del prisma.
- Para la georreferenciación con latitud y longitud (coordenadas), se utilizará receptores GNSS con precisión milimétrica. Para garantizar esta precisión se utilizará el proceso de corrección diferencial.
- Se debe considerar la curvatura de la Tierra en la poligonal cuando las distancias entre puntos superan los 100m, por lo cual es necesario incluir el factor de escala combinado en el equipo. Considerando que si los 4 números posteriores al punto se repiten (1.0000x o 0.9999x) se podría utilizar 1 como factor de escala, caso

contrario se debe utilizar el valor obtenido dado en las monografías de los puntos de control.

3.2.1.8. Información mínima requerida para elaboración y revisión

La información mínima requerida tanto la elaboración y revisión de la poligonal es la siguiente:

- Formulario de polígono de campo con su respectivo croquis.
- Hoja electrónica de cálculo de poligonal en la que conste la precisión obtenida.
- Datos crudos de los equipos en formato nativo.
- Detallar el control vertical dependiendo de la técnica utilizada para su obtención.
- Monografías de puntos de control utilizados.
- Certificado de calibración de los equipos los cuales deben estar actualizados a la fecha de los trabajos.

3.2.2. Levantamientos topográficos

Es un procedimiento que sirve para determinar las características topográficas específicas del terreno y consta de dos actividades básicas: trabajo de campo y trabajo de oficina. El trabajo de campo es el trabajo de recopilar todos los datos y ubicar cada punto requerido en la delimitación del terreno. Por otra parte, el trabajo de oficina involucra cálculos para determinar el área de terreno. Además, se elaboraron varios planos del terreno, incluyendo todos los detalles con software como AutoCAD, y herramientas contables o estadísticas como Excel (Cely, 2017).

3.2.2.1. Tipos de levantamientos topográficos

- Planimetría

Son las operaciones necesarias para la obtención de la proyección horizontal de cada uno de los puntos existentes en el terreno. Entre los levantamientos planimétricos tradicionales se tiene: levantamiento por cinta y jalón, levantamiento por base medida, levantamiento por radiación simple y levantamiento por poligonal cerrada (Navarro S. J., 2011).

- Altimetría

Consiste en las operaciones que se realizan para obtener la distancia vertical de los puntos existentes en el terreno en relación con el plano de referencia. Entre los levantamientos altimétricos más frecuentes están: nivelación trigonométrica y nivelación geométrica, tanto simple como compuesta (Navarro S. J., 2011).

- Taquimetría

Consiste en un método impreciso de medición rápida sin la cinta métrica, utilizado para realizar el levantamiento de terrenos con dificultades de medición, como, por ejemplo, superficies cubiertas de agua o desigualdad de terrenos. La taquimetría mide indirectamente las distancias horizontales, verticales y diferencias de niveles con la óptica del teodolito que requiere datos como la altura del instrumento, altura de la mira o prisma (León, 2018).

- Satelital

Consiste en un método de medición mediante el uso de sistemas GNSS, donde la base con coordenadas conocidas enviará las correcciones al móvil para que realice la corrección diferencial en ese instante y tener las coordenadas conocidas del punto a medir. También conocido como diferencial en tiempo real (RTK), puede ser vía radio o vía internet, con la cual podremos realizar levantamientos ya sean radiales o por secciones transversales sin necesidad de tener vista directa a la base.

Su precisión depende de ciertos factores como las condiciones climáticas, precisión de los equipos utilizados, el número de satélites disponibles al momento de realizar el levantamiento, errores accidentales cometidos, interferencias en la señal de radio, mala recepción de la red celular en el caso de NTRIP.

Estos levantamientos pueden ser usados para levantamientos complementarios, auxiliares y tienen buena precisión en el plano horizontal en el orden de 1 a 5 cm, mientras que en plano vertical depende mucho del modelo geoidal a ser utilizado por lo que tendremos errores en cota de hasta 15 cm siempre y cuando la solución obtenida sea fija.

3.2.2.2. Generación de modelo digital de terreno con puntos generados en campo

Un modelo de elevación digital (DEM) o modelo digital de terreno (DTM), es una simbolización matemática digital continua de objetos virtuales existentes y todo su

entorno. Es un concepto general que hace referencia a la elevación de la superficie terrestre o de una capa del suelo, como la altura de un edificio o la cubierta vegetal de una montaña. Cuando un DEM contiene los elementos que componen la superficie del terreno, se denomina modelo digital de superficie (DSM) (Kasser & Egels, 2002). Felicísimo (1994) señala que el modelo DEM hace una representación estadística de la superficie del terreno, mediante un número elevado de puntos selectos con coordenadas “x”, “y” y “z” conocidas, en un sistema de coordenadas arbitrario (Neuman, Zapperi, Aldalur, Campo, Bongiovanni, & Pischel, 2018)

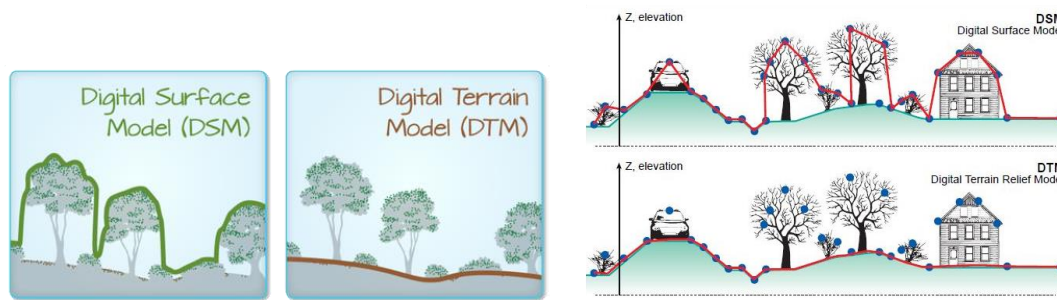


Figura 45. Diferencia entre DSM y DTM
Fuente: (ArcGeek, 2018)

Con la información obtenida en campo con la estación total, tendremos un archivo .xls/.csv/.txt, el cual contendrá número, descripción del punto (código) y coordenadas (x,y,z), con los que se cargará esta información en un software especializado como Autodesk Civil 3D, Istram, Topocal, CivilCAD, entre otros, los mismos que nos ayudarán a generar la superficie del terreno (DTM), el cual nos servirá para la realización de diseños y para el cálculo de volúmenes y cantidades de obra ya sea de estructuras, vías, canales, como de obras de infraestructura.

3.2.2.3. Precisión de información

En los levantamientos topográficos es necesario observar los posibles errores que puedan dar las medidas del terreno, tanto sistémico como accidental. En el primer caso, en condiciones de trabajo fijas los errores son constantes y con el mismo signo, siendo acumulativas. Ejemplo de ellos son las medidas de los ángulos con errores de temperatura por graduar incorrectamente los aparatos. En el segundo caso, los errores accidentales son indiferentes del sentido y pueden darnos con signos negativos como positivos y los errores se eliminan al compensarse (Fao, 2018).

La comprobación es el método para evitar los errores sistémicos, en el caso de los errores accidentales solo se pueden reducir prestando atención y aumentando el número de las mediciones. En el caso de los errores sistemáticos, pueden ser corregidos aplicando correcciones de medidas o métodos sistemáticos de campo para comprobarlo y contrarrestarlos (Fao, 2018).

Los errores se evitan mediante pruebas, hechas mediante la comprobación, que permite detectar los errores aleatorios, es decir, que carecen de una ley que los describa, y que, por lo tanto, no se pueden corregir o eliminar, pero es posible detectarlos con la comprobación, de forma que se minimice su impacto.

La precisión de la información topográfica obtenida dependerá en muchos casos de la densidad de puntos tomados por hectárea durante el levantamiento, donde tendremos levantamientos en escala 1:1000 en los cuales se debe tener una densidad mínima de 200 puntos por Ha, de ser posible esta cantidad de puntos puede incrementar dependiendo de las condiciones del terreno, vegetación y construcciones en la zona.

Para levantamientos de mayor escala en los cuales se requiere un mayor grado de detalle el número de puntos por Ha debe ser mayor y limitado a la cantidad de objetos que se encuentren en el terreno.

3.2.2.4. Recomendaciones generales

- Los levantamientos topográficos requieren recolección de información desde el punto de vista altimétrico como planimétrico.
- Aunque se cuenta con una referencia sobre la forma correcta de realizar los levantamientos, es importante tener precaución con la toma de datos en campo, así como con la nivelación del equipo, desarrollando de forma satisfactoria los cálculos en oficina y obtener los resultados esperados.
- Para el levantamiento de la información en campo se puede utilizar el método de radiación o el de poligonal cerrada (secciones transversales) con la finalidad de obtener un mayor detalle.
- Es necesario que el personal de campo esté capacitado, tanto el topógrafo en el manejo de los equipos, como el cadenero en la manera correcta de dar los puntos y en la manipulación de los bastones y prismas.

- Se debe utilizar equipos de medición electrónica con una exactitud angular de hasta 5" los cuales deben estar calibrados.
- Para el caso de RTK el tiempo de medición debe ser no menor a 5 segundos, considerando que a mayor tiempo de toma de información la precisión del punto aumentará.
- Si en el sitio de trabajo existe una buena recepción de internet se puede usar NTRIP, caso contrario se debe usar RTK vía radio.
- El técnico encargado en el procesamiento de la información de campo para la generación de la superficie DTM debe tener amplio conocimiento en este tipo de trabajos, ya que muchos de los errores en la topografía se deben a la mala interpretación de la información y en los procesos de interpolación de la misma dándonos un producto final de mala calidad.
- Es necesario generar una codificación a ser utilizada durante el levantamiento, lo cual servirá en oficina durante el procesamiento de la información.
- Se debe pedir al topógrafo que almacene la comprobación o vista atrás al momento de estacionarse en los cambios, para realizar la comprobación de cierres en oficina y de ser posible entregue la libreta de anotaciones de campo.
- Se debe considerar el factor de escala, condiciones climáticas, presión del sitio de trabajo al inicio de los trabajos de campo.
- Si el proyecto es de gran magnitud por lo que se requiere de muchos días de trabajo es recomendable que la información se descargue diariamente, la cual debe ser validada y si existiera algún error se repita el área en problemas.
- Es necesario tener una ortofoto del lugar actualizada la que nos ayudara en la interpretación de la información de campo al momento de realizar la planimetría, la misma que podría obtenerse desde diferentes portales regionales como son el geoportal de Quito o del IGM, sin embargo, dicha información carece de resolución, por lo que es recomendable el uso de fotogrametría para tener un mayor detalle.

3.2.2.5. Información mínima requerida para elaboración y revisión

La información mínima requerida tanto la elaboración del levantamiento topográfico es la siguiente:

- Libretas de campo electrónicas de los equipos utilizados o archivos en formato xls/.csv/.txt, que contendrán las coordenadas y códigos utilizados.
- Libreta de anotaciones de campo
- Lista de códigos utilizados
- Croquis del lugar con los puntos de interés necesarios
- Si es posible solicitar una ortofoto del lugar

Mientras que para la revisión es necesario la siguiente información:

- Libretas de campo electrónicas nativas o procesadas
- Archivos CAD del levantamiento topográfico
- La triangulación de la interpolación realizada en formato XML para su uso en cualquier plataforma de diseño o de modelado como es Autodesk Civil 3D, Istram, QGIS, Revit etc.
- Si es posible solicitar una ortofoto del lugar
- Memoria técnica del trabajo realizado

3.3. Escáner láser

3.3.1. Generalidades

Los escáneres láser en el campo topográfico pueden ser terrestres o aerotransportados con funciones similares en la precisión y rapidez de las medidas. En el caso de los terrestres por ser distancias cortas a medir y la estabilidad del sensor, permiten obtener datos de levantamiento a una resolución en milímetros con una eficiencia y rapidez aceptable mejor que los métodos tradicionales. Al respecto, Bravo (2018) define a la topografía 3D efectuada por escáner láser como un barrido sobre las superficies, captando miles de puntos en minutos.

El sistema está compuesto por los siguientes componentes (Bravo, 2018):

- Cabeza de escáner: Encargado de realizar el barrido utilizando el láser del sensor y desviación de dos espejos para obtener los puntos.
- Caja de alimentación: Contiene las baterías y cargador, permite 8 horas de uso de forma autónoma.
- PC portátil: Es el software encargado del emitir el escaneo y almacenar los datos de puntos obtenidos para analizarlos, consultarlos y editarlos en tiempo real.
- Accesorios: Permiten la toma y edición de los datos obtenidos en el escaneo de la superficie.

3.3.1.1. Escáner Laser Terrestre

Nos sirve para para capturar la geometría y color de cualquier objeto, a través de un rayo de luz laser que recolecta información en forma de nube de puntos que combinado con cámaras fotográficas registra la información del rango visible, en este caso el barrido se lo realiza desde un equipo estacionado sobre la superficie. La información recolectada durante el barrido se utilizará posteriormente para formar modelos tridimensionales del o los objetos medidos.

Debido a la estabilidad del sensor y de las cortas distancias a las que se encuentran los modelos a levantar, permiten conseguir resoluciones milimétricas de una manera más rápida que los métodos tradicionales. (Universidad Jaén, 2016)

Dependiendo de la densidad de puntos que se desee obtener se puede configurar la velocidad y tiempo de escaneo (rápido, estándar y alta densidad) dependiendo del uso que se le quiera dar.



Figura 46. Escáner Laser Leica BLK360 y sus componentes
Fuente: Elaboración propia



Figura 47. Escáner Laser Leica BLK360 y su aplicación
Fuente: Leica

3.3.1.2. Escáner Laser Aéreo

También conocido como LIDAR nos permite de forma rápida, precisa y eficiente capturar una gran cantidad de información 3D de áreas de gran tamaño, como zonas urbanas, plantas industriales, zonas agrícolas.

Estos sistemas pueden ser usados para la creación de cartografía en zonas montañosas en las que por su vegetación el escáner terrestre no puede ser usado o demora mucho tiempo en la recolección de datos.

A partir de las nubes de puntos láser filtradas, clasificadas y editadas se obtiene el modelo digital de elevaciones (MDT) y el modelo digital de superficies (MDS).

Estos sistemas ya existían antiguamente, pero debido al avance de la tecnología estos fueron haciéndose más compactos a tal punto que el día de hoy pueden ser utilizados en cualquier tipo de dron.

Incorporan sistemas de alta precisión: posicionamiento por satélite (datos GNSS) y unidad de medición inercial (IMU)

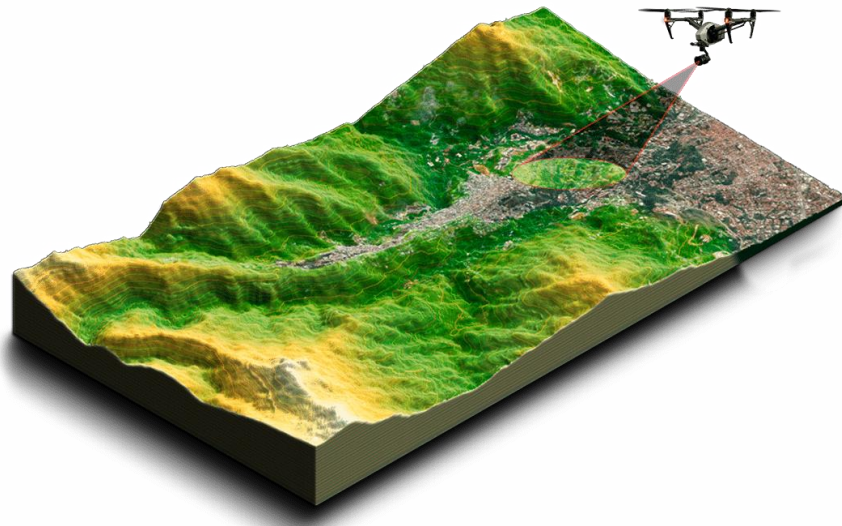


Figura 48. Escáner Laser Aéreo
Fuente: (IGC, 2019)

3.3.2. Uso y aplicación

El manejo del escáner laser es muy sencillo, ya que básicamente la programación de trabajo se la realiza de manera automática, la complejidad radica en el caso terrestre en la correcta colocación del equipo para que realice varias escenas en las que debemos tener puntos en común para que estas puedan unirse y puedan ser georreferenciadas, mientras que en el caso móvil depende de la planificación de vuelo realizada, por lo que requiere que el personal técnico encargado de esta tarea tenga experticia y capacitación antes de su uso.

Entre sus principales aplicaciones se encuentran:

- El modelado 3D de objetos previamente construidos, como es el caso de esculturas, monumentos y cualquier objeto que se desee tener planos de detalle.
- Modelamiento 3D de plantas industriales con las que obtendremos planos de detalle tipo As-built en los que podremos realizar análisis de interferencias, maquetas virtuales, piping y conocer las medidas y diámetros de una manera precisa e implementar la metodología BIM.
- Análisis de deformaciones que pueden presentar las diferentes obras civiles y que facilitará la toma de decisiones de reparación o cambio.
- Medición de túneles lo que nos permitirá tener la forma precisa de los mismos para obtener secciones y perfiles, conocer la excavación y sobre excavación en

etapa constructiva, análisis de daños por efectos sísmicos, fisuramiento y deformaciones.

- Minería subterránea y a cielo abierto nos facilitará el control de avance diario, estimación de volúmenes de manera más exacta, seguridad en la medición de excavaciones inseguras, ubicación de sitios de stock de materiales, mejorar la planificación y ejecución de trabajos de explotación con controles más precisos.
- Uso arquitectónico, lo que nos permitirá la medición de fachadas y bienes patrimoniales en menor tiempo y conservando los mismos, también facilita la obtención de planos 2D y 3D precisos.
- En topografía e Ingeniería Civil, siendo el principal campo de aplicación ya que inicialmente fue creado para ayudar en las mediciones de campo de manera rápida y precisa precautelando la seguridad de los trabajadores en zonas de alto riesgo.
- En cartografía es muy utilizado en la generación de modelos digitales de elevación y superficie.

3.4. Restitución aerofotogramétrica

3.4.1. Generalidades

La restitución fotogramétrica se aplica a partir de imágenes de la zona, parcialmente solapados y tomados desde diversos enfoques para formar los pares estereoscópicos. La evaluación de los puntos equivalentes y de paralaje permiten deducir las cotas referenciales para reconstruir la topografía. Por otro lado, los restituidores fotogramétricos graban los resultados en un formato digital compatible con los softwares geográficos. Además, la restitución aerofotogramétrica permite acceder al terreno para establecer puntos de apoyo que permiten fijar valores de altitud en una escala absoluta (Uniovi, 2006).

3.4.2. Metodología utilizada

Las imágenes que actualmente se toman se efectúan por sensores pancromáticos satelitales. También hacen uso de la radargrametría, el cual permite obtener DEM precisos gracias a la apertura de los radares. Aunque parece ser el método del futuro, la magnitud de error establece competencia contra los métodos tradicionales (Uniovi, 2006).

3.4.3. Uso y aplicación

La restitución fotogramétrica permite generar vectores de la información digital obtenida de forma precisa por la ortofoto, DTM y DSM del proyecto. Las escalas cartográficas generadas son de 1:1000, 1:2000 y 1:5000 derivadas de la combinación de vuelos de la cámara digital y el sensor LIDAR. En escalas mayores (1:10000 y 1:25000) se requiere una restitución tradicional o mediante el uso de modelos de elevaciones LIDAR para crear la dimensión tridimensional (Sigla Sas, 2018).

3.5. Fotogrametría con drones

3.5.1. Generalidades

La fotogrametría es la técnica para elaborar reconstrucciones de terrenos y obtener medidas a partir de imágenes aéreas. El propósito de esto consiste en convertir los datos 2D en información cartográfica tridimensional. En la actualidad, se ha desplegado el uso de drones para el uso de la fotogrametría aérea y aunque las técnicas se basen en las tradicionales, los requerimientos, el equipo y la complejidad de las operaciones de años anteriores se han reducido significativamente con los avances actuales (Aerial insights, 2015).

Esta técnica describe las propiedades geométricas de la superficie a partir de varias imágenes redundadas. Lo cual significa que para reconstruir un objeto con exactitud es necesario un número suficiente de imágenes repetidas, pues es la repetición lo que permitirá extraer fidedignamente la estructura del objeto (Aerial insights, 2015).

Aunque inicialmente la fotogrametría se la realizaba en globos y luego en aviones tripulados, lo que suponía altos costos de operación por lo que su acceso estaba restringido a grandes empresas y organismos públicos. Actualmente con el avance tecnológico y la llegada de los drones con cámaras más compactas y de mejor calidad la fotogrametría se ha vuelto más competitiva, sirviendo de apoyo a la topografía tradicional y añadiendo un valor agregado a la medición y elaboración de planimetría con un grado de detalle extremadamente alto

3.5.2. Introducción al uso de drones

Los drones o aeronaves pilotadas a distancia (RPAs), utilizadas inicialmente en el campo militar y que, en la actualidad su uso es frecuente en el campo civil con diferentes aplicaciones como son:

- Fotografía y video
- Tareas agrícolas
- Minería
- Seguridad, búsqueda y rescate
- Servicio de delivery
- Recreacional y deportivo

3.5.2.1. Partes o componentes de un dron

- **Componentes mecánicos**
 - Chasis, marco o fuselaje: Esqueleto del dron donde se apoyan el resto de componentes. Se encarga de reducir las vibraciones que produce el motor por el movimiento de las hélices.



Figura 49. Chasis de un dron

Fuente: (INVIAS – UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, 2020)

- Hélices: Encargadas de propulsar y estabilizar el dron mientras vuela.



Figura 50. Hélices de un dron

Fuente: (INVIAS – UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, 2020)

- Motores: Se encuentran en la parte exterior del fuselaje, bajo las hélices.



Figura 51. Motor para dron

Fuente: (INVIAS – UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, 2020)

- **Componentes electrónicos**

- Control electrónico de velocidad: Su función es controlar la orientación del dron y su velocidad.



Figura 52. Circuito regulador de velocidad

Fuente: (INVIAS – UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, 2020)

- Batería: Permite el funcionamiento del resto de componentes.



Figura 53. Batería para dron

Fuente: (INVIAS – UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, 2020)

- Control remoto: Instrumento que permite el pilotaje del dron.



Figura 54. Control remoto de dron

Fuente: (INVIAS – UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, 2020)

- Placa controladora: Permite lograr la estabilidad del dron durante el vuelo a través de la información enviada al control electrónico de velocidad.

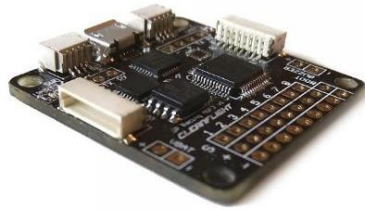


Figura 55. Placa controladora de dron

Fuente: (INVIAS – UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, 2020)

- Cámara: Captura imágenes durante el vuelo.



Figura 56. Cámara de dron

Fuente: (INVIAS – UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, 2020)

3.5.2.2. Clasificación por tipo de ala

- **Ala fija**

Son aquellos que tienen alas que no rotan (simulando un avión), y se pueden clasificar de la siguiente manera:

De acuerdo a la posición de las alas:

- Ala alta
- Ala media
- Ala baja

De acuerdo a la forma de las alas:

- Ala recta
- Con forma de flecha
- Ala delta

Entre las ventajas se encuentran las siguientes:

- Pueden volar a grandes altitudes.
- Son silenciosos.
- Tienen mayor autonomía comparados con los drones con alas rotatorias.
- Poseen buena estabilidad y aerodinámica.
- Son capaces de cubrir grandes superficies de vuelo.

Entre las desventajas tenemos:

- No pueden despegar por sí solos, por lo que necesitan de un mecanismo o una persona que los lance.
- No son capaces de quedarse suspendidos en un mismo lugar, es decir, deben estar en constante movimiento.
- Necesitan una superficie plana para despegar y aterrizar.



Figura 57. Ejemplo de dron de ala fija

Fuente: (iberf drone, 2019)

- **Rotatorios**

Estos drones pueden ser propulsados por hélices o por multirrotores (brazos) (3 tricópteros, 4 cuadricópteros, 6 hexacópteros, 8 octacópteros, etc). También se tiene los coaxiales que se caracterizan por tener dos motores en cada brazo por lo que son capaces de transportar cargas pesadas.

Sus ventajas son:

- Pueden permanecer suspendidos en un mismo lugar.
- Su despegue y aterrizaje vertical es sencillo.
- Tienen gran estabilidad y esto hace que se utilicen con frecuencia para la realización de fotogrametría.

Sus desventajas son:

- Son ruidosos.
- No son aerodinámicos.
- No pueden volar en condiciones climáticas adversas como lluvias o vientos fuertes.



Figura 58. Ejemplo de un dron multirrotor cuadricóptero Phantom 4 Pro
Fuente: (Tapia, Guevara, & Esquivel, 2019)



Figura 59. Ejemplo de un dron multirrotor hexacóptero
Fuente: (Tapia, Guevara, & Esquivel, 2019)

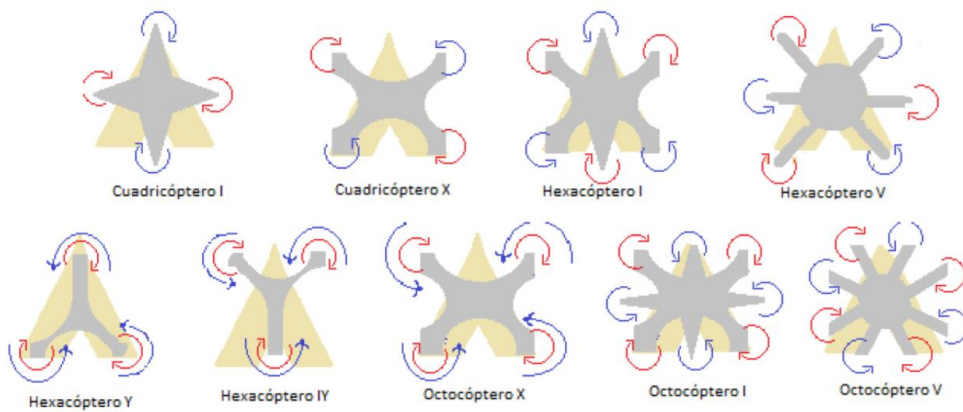


Figura 60. Ejemplos de multirrotores con diferentes tipos de configuración de brazos
Fuente: (Tapia, Guevara, & Esquivel, 2019)

- **Mixtos o híbridos**

Son drones que poseen alas rotatorias y ala fija. Las alas rotatorias, como se ha visto anteriormente, permiten un despegue y aterrizaje vertical sencillo, mientras que el ala fija proporciona una alta velocidad.

Entre las ventajas se tiene:

- Gran autonomía, rendimiento y velocidad.
- Puede ser controlado en tiempo real, pero también se puede crear una ruta, la misma que el dron recorrerá de forma autónoma.

Entre las desventajas se tiene:

- El precio, ya que es elevado y muchas veces no se justifica, debido a que se puede hacer uso ya sea de drones de ala fija o drones multirrotores de acuerdo a las necesidades que se tenga y por un costo mucho menor.



Figura 61. Ejemplo de dron híbrido
Fuente: (Direct Industry , 2020)

3.5.3. Altimetría

- Altitud: Distancia entre aeronave y nivel medio del mar (MSL).
- Elevación: Distancia desde el terreno al nivel medio del mar (MSL).
- Altura: Distancia desde la aeronave al terreno.

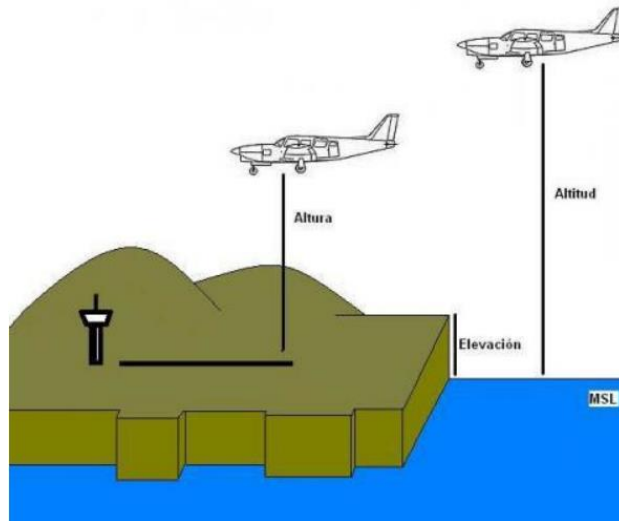


Figura 62. Altitud, altura y elevación
Fuente: IVAO Colombia

3.5.4. Método de toma de información

- Plan de vuelo: Es el procedimiento con el cual se configuran ciertos parámetros como: área, trayectoria, altura y velocidad de vuelo, traslape de imágenes (lateral y frontal), recurrencia de imágenes (imágenes capturadas por el dron a cierto tiempo o distancia). También, de acuerdo al tipo de proyecto se escoge: grilla simple (2 dimensiones), grilla doble (3 dimensiones), vuelo circular (modelado de elementos en 3 dimensiones) o vuelo libre (usuario lo realiza de forma manual).

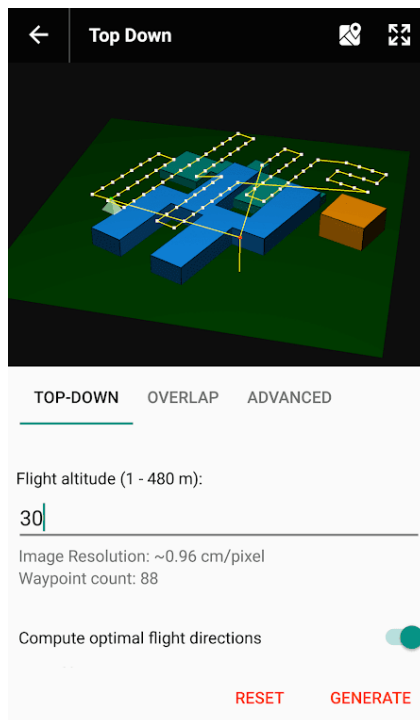


Figura 63. Ejemplo de configuración de plan de vuelo en aplicación Drone Harmony
Fuente: Drone Harmony

- GCP: Se trata de los puntos de control para drones (Ground Control Points), los cuales se ubicarán (con plantillas de dianas) en sitios estratégicos a lo largo del área de vuelo, y serán útiles para georreferenciar y obtener coordenadas precisas. En caso de no utilizar GCPs, se obtendría un error de 2 a 3 m en horizontal, mientras que, haciendo uso de ellos, el error disminuiría a 2 o 3 cm.



Figura 64. Ejemplo de colocación de un GCP

Fuente: (Gis&Beers, 2018)

- Traslape de imágenes: si bien el IGM recomienda un traslape frontal y lateral de desde el 60% en zonas planas y 80% en zonas montañosas, una de los softwares de planificación y procesamiento como es Pix4D recomienda:
 - Caso general (Aéreo nadir): traslape frontal 75% y lateral 60%
 - Caso difícil (Aéreo nadir): traslape frontal 85% y lateral 70%
- Consideraciones previas al vuelo
 - Checklist: En esta checklist se encontrarán algunos aspectos a tomar en cuenta antes del vuelo como: verificación del estado del dron, carga de baterías, correcta recepción de satélites, dron debidamente calibrado, tarjeta SD en la cámara, área libre de personas, etc.

Pre Flight Checklist	
Check Transmitter Firmware up to date	☑
Batteries fully charged	☑?
Batteries warmed up	☑
Batteries inserted correctly	☑
Check Drone firmware up to date	☑
Inspect Drone for obvious defects	☑
Propellers tightened / locked and checked for defects	☑
Remove Gimbal Guard	☑
ND Filter needed Yes / No	No
SD card in camera, formatted or enough space	☑
Monitor brightness set to high	☑
Antennae up	☑
Transmitter turned on	☑
App of choice switched on and connected/label>	☑
Drone turned on	☑?
Compass calibrated	☑
Minimum RTH height set	☑
Check satellite status	☑
Drone in safe launch and landing position	☑
Check home point	☑
Area clear of people	☑

Figura 65. Ejemplo de checklist previa al vuelo de la aplicación DJI Pre Flight Checklist
Fuente: DJI Pre Flight Checklist

- Vuelo y toma de imágenes: El vuelo debe tener estabilidad y ser constante para conseguir una buena calidad en las imágenes. Las fotografías tomadas deben tener un alto porcentaje de traslape entre ellas con el fin de obtener mayor detalle en las mismas. Otros de los aspectos a tomar en cuenta para llevar a cabo el vuelo y la toma de imágenes son:
 - El clima: Si se tiene lluvia y/o vientos fuertes no se podrá volar.
 - La nubosidad: Al tener bruma y niebla se reducirá el campo visual.
 - La altura de vuelo: Es recomendable que el vuelo no se realice a una gran altura debido a que perderemos detalle y resolución en las imágenes.

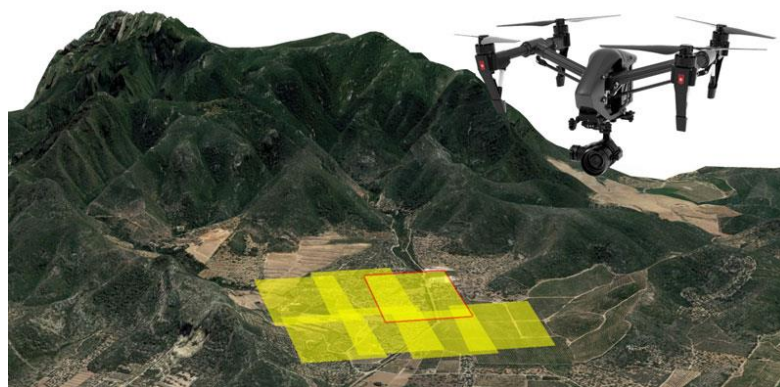


Figura 66. Vuelo y toma de imágenes de un dron
Fuente: (Gis&Beers, 2018)

- Procesamiento de imágenes: El procesamiento de imágenes responde al siguiente flujo de trabajo:

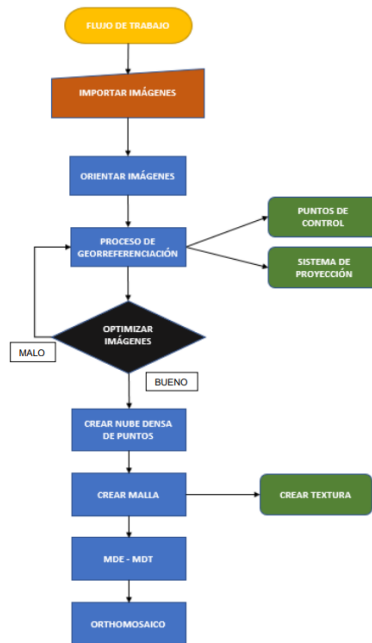


Figura 67. Flujo de trabajo para el procesamiento de imágenes

Fuente: (INVIAS – UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, 2020)

- Generación de ortomosaico, DSM y DTM: Al hablar de un mosaico, nos referimos a un grupo de imágenes obtenidas ya sea por vía aérea o vía terrestre, las cuales están traslapadas entre sí para obtener una sola imagen con gran detalle. Se denomina ortomosaico cuando el mosaico tiene correcciones de las distorsiones causadas por el relieve y los objetos sobre él. La generación de ortomosaicos es un proceso que puede partir de una nube densa de puntos, un DSM (modelo digital de superficie) o un DEM (modelo digital de elevación) para formar una imagen georreferenciada (en formato .tif) mediante la unión de varias imágenes aéreas.



Figura 68. Nube densa de puntos

Fuente: (INVIAS – UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, 2020)

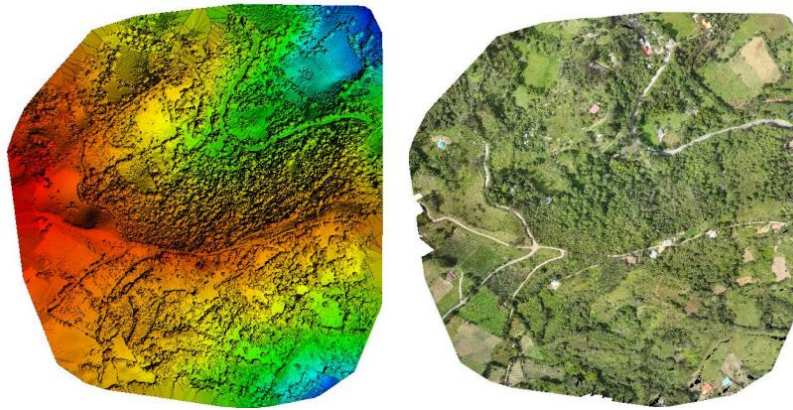


Figura 69. DEM y ortomosaico

Fuente: (INVIAS – UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, 2020)

3.5.5. Uso y aplicación

Los drones simbolizan la nueva tecnología revolucionaria en el campo de la topografía porque aparte de reducir el tiempo y los costos por hectárea permiten acceder a sitios peligrosos o zonas de riesgo para los trabajadores, además de no dañar al ambiente con dióxido de carbono emitido por otros vehículos, siendo así una propuesta topográfica sostenible y favorecedora para el ambiente y los profesionales del área. Es evidente la cantidad de ventajas de estos vehículos aéreos, la velocidad con que pueden capturar imágenes y miles de mediciones en diferentes formatos permiten obtener resultados más rápido y construir modelos 3D de las zonas donde los datos son escasos o inexistentes. Esta tecnología revolucionaria simplifica la gestión y planificación para el diseño y construcción de obras públicas y privadas (Machado & Pertúz, 2020).

La ventaja de utilizar drones para el levantamiento topográfico radica en el tiempo para hacer el levantamiento, siendo bastante rápido y efectivo, otra ventaja es la cantidad de recurso humano, sólo amerita una persona para manipular y programar el dron que efectuará el levantamiento. Referente a las desventajas, la tecnología con drones requiere de una gran inversión tanto para el equipo como para el software que utiliza dron para ejecutar las tareas topográficas programadas (Del Río, Gómez, López, Saenz, & Espinoza, 2020).

3.5.6. Limitaciones en el uso de drones en topografía.

Las tomas de drones de campo se limitan por factores como los píxeles, la precisión de la medición, la escala, la altitud y el tiempo de vuelo de los puntos de la imagen, así como

la superficie inferior capturada, lo que afecta directamente la precisión de la información final obtenida. (Cramer, 2006).

Una de las mayores limitaciones que tiene el dron es al momento de tener una capa de vegetación espesa en donde si podríamos realizar el ortomosaico, pero no podríamos generar un MDT confiable, para esto deberíamos utilizar un módulo L1 (LIDAR).

Existe también problemas y limitaciones cuando hay áreas con cultivos uniformes, espejos de agua, pajonales uniformes en donde al momento de traslapar las imágenes, no encuentra los suficientes puntos de apoyo para calibrar las imágenes, en estos casos se podría solucionar colocando GCP en mayor cantidad y realizando un doble grid.

3.5.7. Recomendaciones generales

- Realizar un procesamiento con la mayor cantidad puntos de control para mejorar la precisión horizontal y vertical del modelo digital de superficie (MDS) y la nube de puntos, para alcanzar una escala de trabajo mayor (Mena & Ordóñez, 2021).
- En sectores de alta densidad vegetal, donde el dron no puede capturar imágenes del terreno, se debe utilizar dispositivos convencionales como estación total, para el levantamiento y la obtención de puntos directamente del terreno (Mena & Ordóñez, 2021).
- Obtenida la ortofoto u ortomosaico, se debe reducir su resolución e importarlo a un formato JP2, para que, al momento de realizar la digitalización en 2D, se tenga un ambiente de trabajo CAD más manejable (Mena & Ordóñez, 2021).
- Realizar una clasificación manual de nube de puntos densa para de esta manera tener un MDT más confiable.
- Tener un checklist con todas las actividades a realizar y con todos los requerimientos prevuelo, en vuelo y postvuelo.

3.6. Replanteo topográfico

3.6.1. Generalidades

El replanteo se define como los puntos básicos para materializar un proyecto adecuadamente, refiriéndose a proyecto como el documento con la información requerida para la construcción de una obra. Los elementos básicos para el replanteo contenidos en

el proyecto pueden estar compuestos por elementos determinados como figuras geométricas básicas definidas para el replanteo (Montes de Oca & Yelicich, 2012).

3.6.2. Tipos de replanteo

Existen dos tipos de replanteo: gráfico y analítico, éstos dependen de la forma como se obtienen los datos de campo para el replanteo. En el caso gráfico, los replanteos toman medida directamente sobre el plano obteniendo gráficos, mientras que en el analítico los datos son numéricos y se obtienen mediante el cálculo de coordenadas cartesianas de los puntos de apoyo a replantear (González, 2018).

3.6.3. Métodos de replanteo

Los métodos de replanteo son: replanteo por coordenadas polares, por abscisas y ordenadas y por intersección, que se describen a continuación.

3.6.3.1. Replanteo por coordenadas polares

Con este método, es necesario conocer primero los dos puntos mínimos, luego estacionarse en un punto para orientar el instrumento y así conocer las coordenadas a replantear. Posteriormente se determina el azimut y distancias desde el punto a replantear y así poder situar el punto requerido sobre la dirección impuesta y la distancia medida (Certicalia, 2017).

3.6.3.2. Replanteo por abscisas y ordenadas

Para aplicar este método primero debe estacionarse el teodolito sobre el punto número uno, luego se visa el punto dos para ratificar los calcular de la tangente. Posterior a esto, se alinean los ejes “X” donde se medirán las distancias y sobre cada punto se levanta la perpendicular para realizar el cálculo que mide la distancia (Certicalia, 2017).

3.6.3.3. Replanteo por intersección

El replanteo por intersección directa o inversa se basa en las medidas angulares desde la base de control (coordenadas ya conocidas) hasta los puntos a determinar; o también puede realizarse inversamente (Certicalia, 2017).

3.6.4. Recomendaciones generales

- Para replantear una obra se recomienda tener a mano, tanto digital como impreso, todos los planos y documentos del proyecto.
- El personal topográfico debe hacer un reconocimiento detallado del sitio, en compañía del residente y el fiscalizador, a fin de coordinar las decisiones en el trazado, en caso de inconveniente.
- Los objetos de demarcación deben estar lo más visibles posibles.
- Revisión continua de los puntos replanteados por motivo de la posibilidad de ingresar datos incorrectos o que la estación no reconozca la validez del dato ingresado.
- Los factores climáticos en ocasiones interfieren en las lecturas de los disparos con láser, pero debe considerarse como correctas el tercer disparo sin importar el clima.

CAPÍTULO IV

4. EQUIPOS TOPOGRÁFICOS AUXILIARES Y SOFTWARE A SER UTILIZADOS

4.1. Equipos topográficos auxiliares para trabajos de campo

4.1.1. Uso de navegadores GNSS

El sistema global de navegación por satélite (GNSS), es un conjunto de satélites artificiales que emiten señales con el objeto de localizar cualquier terreno u objeto en el globo terráqueo. Estas señales determinan tanto las coordenadas como la altitud, así como la posición y hora exacta independientemente del clima en el momento. Se utilizan para fines geodésicos, navegación, agrícolas, entre otras actividades (Cely, 2017).



Figura 70. Navegador Global Navigation Satellite System
Fuente:(Technoblog, 2013)

4.1.2. Uso de clinómetro para obtención de puntos topográficos

Es un instrumento que mide el ángulo desde una vertical, generalmente expresada en grados. Existen mecánicos o electrónicos, los cuales pueden ser muy precisos. Este tipo de dispositivo es usado en diversas áreas como meteorología, geografía, ingeniería, en la industria médica o en la instrumentación de los aviones. (Pulsómetro sin banda, 2020).



Figura 71. Clinómetro
Fuente:(Flirck, 2016)

4.1.3. Uso y aplicación de teodolitos

El taquímetro es un instrumento que permiten, al mismo tiempo, realizar punterías, cifrar valores angulares en los planos horizontal y vertical, y medir distancias indirectamente por procedimientos ópticos. (González, 2018).

En un taquímetro se consideran dos ejes mecánicos (González, 2018):

- Eje principal o vertical: Alrededor de este eje gira la alidada. Por construcción es perpendicular al plano del círculo horizontal y pasa por su centro.
- Eje secundario u horizontal. Alrededor de éste gira el anteojo. Es perpendicular al eje principal y pasa por el centro del eclímetro (círculo vertical).



Figura 72. Taquímetro
Fuente:(Vilner, 2019)

4.1.4. Uso y aplicación de barómetro

Un barómetro es un instrumento utilizado generalmente en meteorología para medir la presión atmosférica. En topografía se complementa con otros instrumentos para evaluar las condiciones externas del terreno. El estudio de la presión atmosférica, que no es

perceptible, permite a meteorólogos hacer una evaluación más fiable de la previsión del tiempo (Netatmo, 2018).

La previsión del tiempo mediante un barómetro le permite al topógrafo evaluar cómo se encontrará el tiempo para realizar sus actividades topográficas. No obstante, para determinar de forma fiable el tiempo el uso del barómetro se combina con otros instrumentos como un anemómetro, termómetro, veleta y un higrómetro (Netatmo, 2018).



Figura 73. Barómetro
Fuente:(Rodriguez, 2017)

4.1.5. Uso y aplicación de distanciómetros de mano

Es un instrumento de medición de distancias a través de un rayo láser. Estos dispositivos emiten una señal láser hacia el punto que se requiere y el cálculo de la distancia se realiza de acuerdo al tiempo que esta señal tarda en ir y regresar.

Son útiles para realizar mediciones de una manera más sencilla y rápida en sitios donde el flexómetro no puede llegar, debido a que tienen un alcance generalmente de 20 a 200 m, por este motivo son instrumentos de mucha ayuda al momento de realizar levantamientos topográficos ya que, además, tienen una gran precisión y el error que presentan va desde los 3 mm por cada 15 m en modelos sencillos hasta 1.5 mm por cada 100 m en modelos profesionales.



Figura 74. Distanciómetro de mano
Fuente: (demaquinasyherramientas, 2014)

4.2. Software utilizado para topografía y cartografía

4.2.1. Software para antenas GNSS

Procesamiento de información de campo

- Trimble Business Center
- Leica Infinity
- Leica Geo Office
- South Geomatic Office
- RTK Lib

Para uso en campo al momento de la toma de información

- GPS Essentials
- GNSS View

4.2.2. Software para procesamiento de topografía tradicional

Estos sirven para el procesamiento de información de campo, creación de mallas triangulares, superficies de terreno (DTM), curvas de nivel

- Autodesk Civil 3D
- Topocal
- Istram
- QGIS
- ArcGIS

Mientras que para procesamiento de nivelación y poligonales, como para el manejo de bases de datos obtenidos de los equipos de campo como son estaciones totales, se usan herramientas ofimáticas como el Microsoft Excel

4.2.3. Software para fotogrametría

Para delimitación de área de trabajo y factores que pueden incluir en el vuelo del drone

- Google Earth
- UAV Forest
- Windy

Para creación de planes de vuelo

- Drone Harmony
- Map Pilot
- Drone Deploy
- DJI Pilot
- Dronelink

Para procesamiento de imágenes

- Pix4D
- Agisoft Metashape
- Open Drone Map

Software complementario para manejo de ortofotos

- Global Mapper
- ArcGis
- QGIS

4.2.4. Software para generación de modelos digitales de terreno de uso publico

Se pueden generar DEM desde sitios web de descarga de información o desde software especializado como es

- Google Earth
- Global Mapper
- QGIS

CAPÍTULO V

5. NORMATIVA VIGENTE EN EL ECUADOR

5.1. Cartografía

En cuanto a la cartografía, en Ecuador se tiene la Ley de la cartografía nacional y su reglamento, aprobada mediante Decreto Supremo 2686 Registro Oficial 643, de 4 de agosto de 1978, y cuya última modificación se dio el 9 de marzo de 2009. El artículo 1 otorga al Instituto de Geografía Militar plenas facultades para planificar, organizar, dirigir, coordinar, ejecutar, aprobar y controlar las actividades destinadas a la elaboración de mapas del Estado y la recopilación y almacenamiento de datos geográficos del Estado. Así mismo, establece y ratifica en el artículo 2 la actividad cartográfica de la institución responsable como también el levantamiento de las cartas oficiales, mapas, levantamientos especiales y planos de las ciudades del país.

5.2. Topografía

Por otra parte, la norma técnica NTE INEN 2873 2015-04 Ingeniería de infraestructura subterránea establece en su primer apartado los procedimientos para mapear los servicios básicos con la finalidad de reducir las fluctuaciones de la infraestructura subterránea existente. Así mismo, establece que el uso sistemático de estos procedimientos puede proporcionar los medios para mejorar continuamente la confiabilidad, exactitud y precisión de los registros futuros de las redes establecidas, agregando así un valor inmediato al proyecto.

En la norma se manejan dos conceptos, el primero se refiere a un método para clasificar la confiabilidad de la existencia y ubicación de servicios de cimentación instalados y ocultos en el subsuelo. El segundo concepto trata sobre cómo recopilar información sobre los servicios esenciales o la infraestructura subterránea expuesta durante las operaciones de instalación o mantenimiento/repación para obtener registros futuros confiables. Ambos conceptos, en combinación, permiten reducir los riesgos de las infraestructuras subterráneas.

5.3. Comparativa con normativa de otros países

A diferencia de la ley de Cartografía Nacional Ecuatoriana, Colombia ha realizado cambios en esta ley mediante una resolución expedida en el 2020, implantando especificaciones técnicas de referencia necesarias para el establecimiento de los productos cartográficos básicos colombianos oficiales. Los principales cambios de esta resolución se centran en dotar de flexibilidad al proceso de producción cartográfica, permitiendo el uso de cualquier sensor, método o técnica, siempre que se garantice la conformidad del producto final con las especificaciones técnicas referenciadas en la misma. Además, esta nueva resolución establece un sistema de proyección cartográfica de origen único para Colombia, denominado “origen nacional”, que garantizará coordenadas uniformes e inequívocas en todo el territorio nacional.

En comparación con Perú, en dicho país existió una evolución más lenta que en Ecuador en el campo topográfico, pues el vecino país aún debe completar su cartografía de escala 1/25000, que serviría para el soporte de dos pilares del crecimiento económico: 1) el ordenamiento territorial y 2) los proyectos de desarrollo. El ordenamiento territorial permite mejorar la gestión de los gobiernos regionales y locales, y el segundo, administrando de forma más eficiente la inversión pública y privada (Baldovino, 2021).

CAPÍTULO VI

6. APLICACIÓN PRÁCTICA DE CONTENIDOS REVISADOS

6.1. Generalidades

6.1.1. Introducción

Los contenidos analizados en los capítulos anteriores serán revisados a través de una aplicación práctica en un proyecto, la cual nos servirá para entender de una manera didáctica cómo podría ser un flujo de trabajo de topografía aplicado a proyectos tanto de consultoría como de construcción, que fue indicada en el capítulo 3.

6.1.2. Ubicación del proyecto

La práctica fue realizada en el sector de “El Bosque” debido a la cercanía de un punto de control vertical del IGM, con el cual por medio de nivelación geométrica daremos la elevación correcta a nuestros puntos de control.

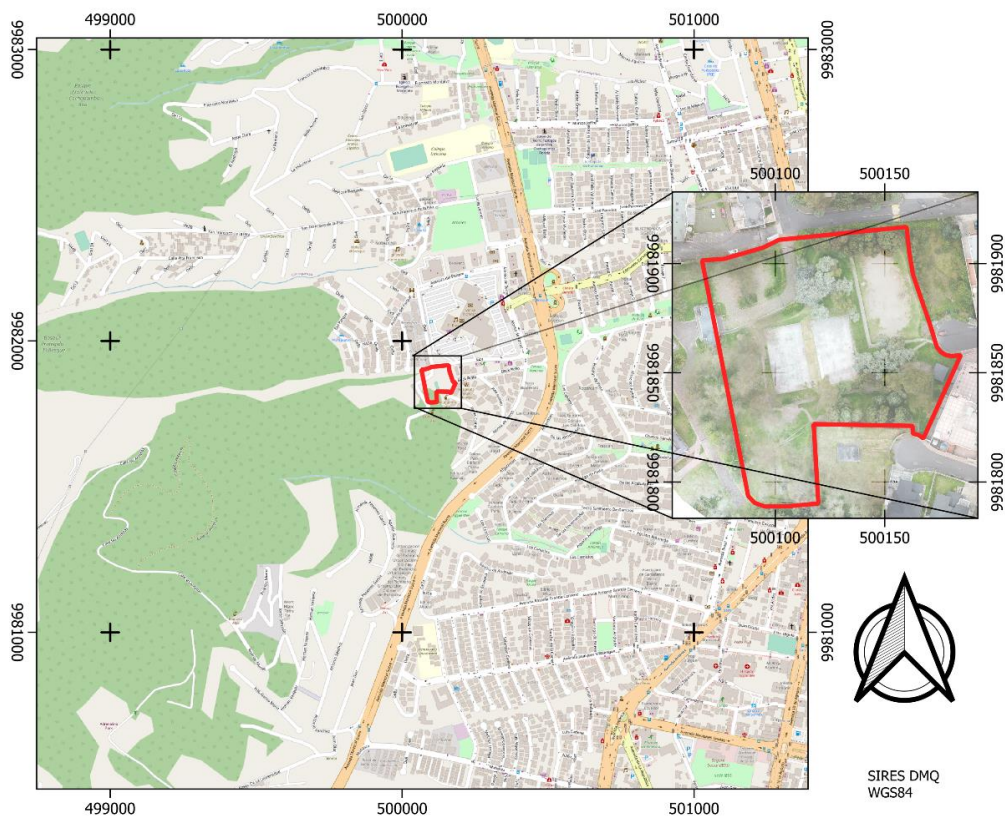


Figura 75. Implantación general del proyecto

Fuente: Elaboración propia

6.2. Procedimiento de trabajo

6.2.1. Obtención de un modelo de superficie de trabajo por medio de un DEM

Este procedimiento puede ser utilizado en cualquier etapa inicial de un proyecto, en el cual se desea conocer los desniveles y ubicación del mismo. Antiguamente se utilizaba información obtenida de cartas topográficas del IGM, restituciones aerofotogramétricas y otros procedimientos los cuales poco a poco han ido desapareciendo.

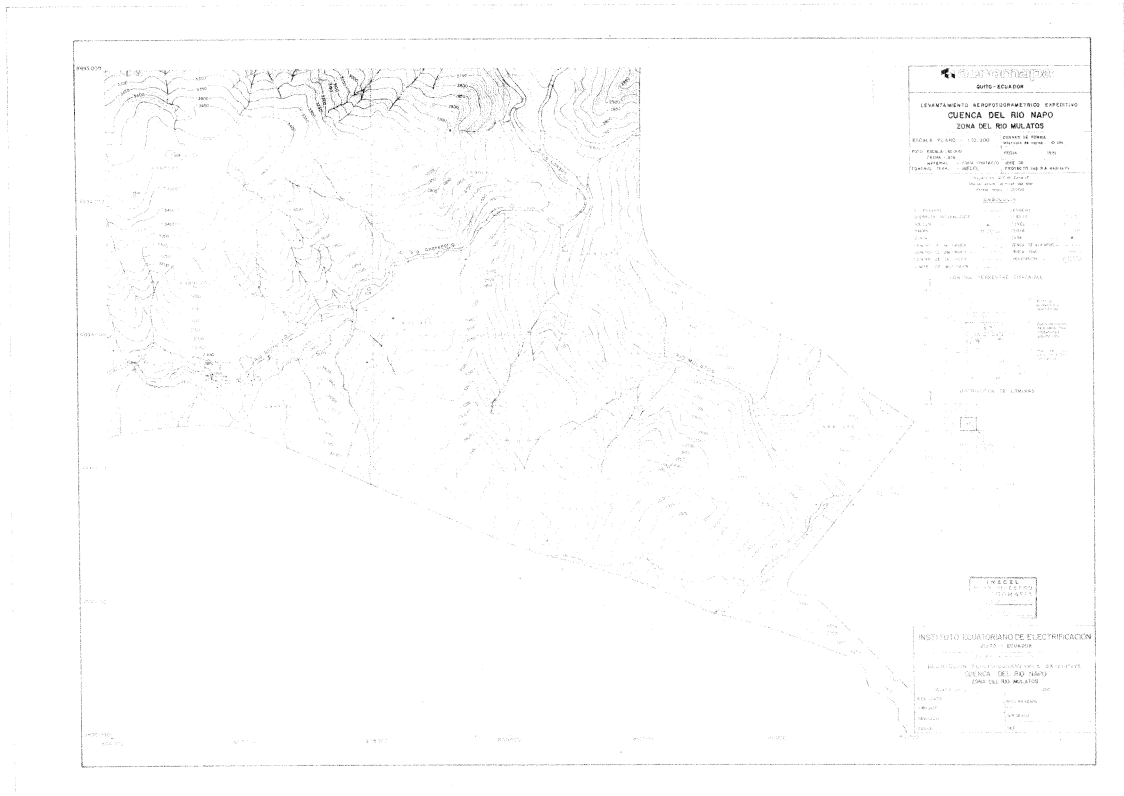


Figura 76. Restitución aerofotogramétrica Rio Napo

Fuente: INECEL

En la actualidad se utiliza ya métodos digitales tanto para la restitución aerofotogramétrica como para obtener planos georreferenciados a partir de modelos digitales de elevación (DEM), los cuales se han ido popularizando con el uso de software especializado que nos permite generar modelos de superficie para trabajo, como se detalla a continuación:

1. Elección de la zona de trabajo

Para esto utilizaremos Google Earth Pro para generar un archivo .kml/.kmz en el cual delimitaremos el área de interés.



Figura 77. Delimitación de área de trabajo
Fuente: Elaboración propia

2. Obtención del modelo digital de elevación (DEM) y curvas de nivel

Una vez que tenemos la limitación del proyecto utilizaremos Global Mapper para obtener el DEM y las curvas de nivel, para esto se abrirá el archivo kml y se configurará el sistema de coordenadas, en nuestro caso UTM WGS84 zona 17S.

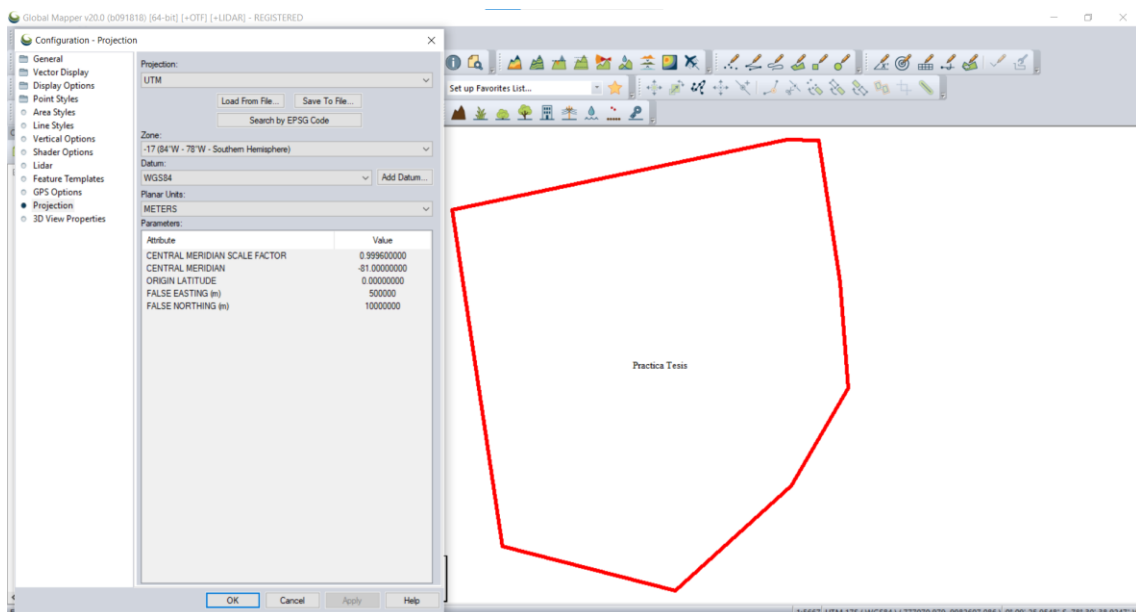


Figura 78. Configuración de trabajo en Global Mapper
Fuente: Elaboración propia

Realizado el paso anterior se utilizará la función de mapas en línea de Global Mapper para descargar la imagen satelital (World Imagery) y el DEM (ASTER GDEM v2) del área requerida, las cuales se encuentran disponibles para descarga de manera gratuita

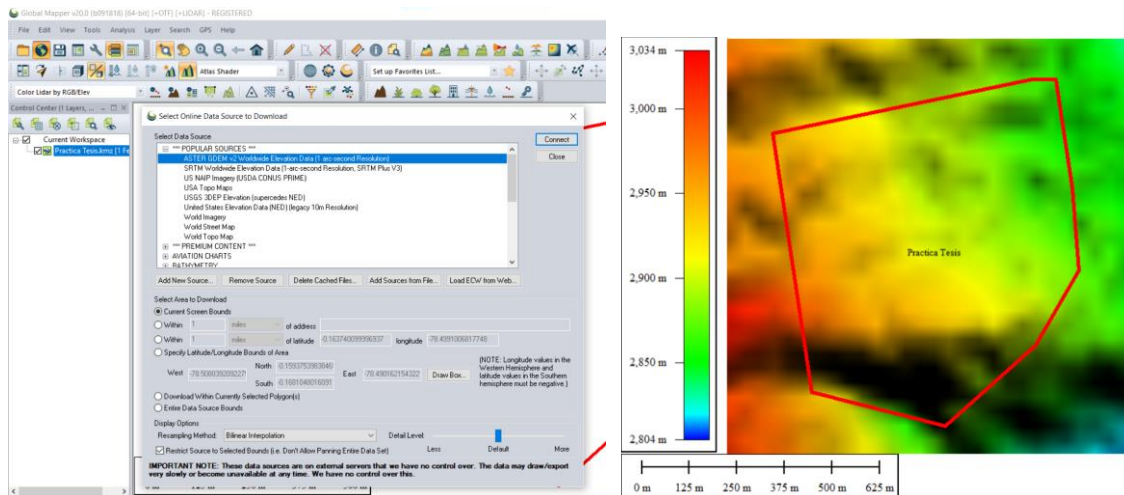


Figura 79. Obtención de DEM e imagen satelital
Fuente: Elaboración propia

Con la información obtenida se puede generar las curvas de nivel ya sea con Global Mapper o utilizando Autodesk Civil 3D, el cual nos dará una superficie de trabajo en CAD en la cual podremos realizar perfiles, alineaciones, corredores entre otros.

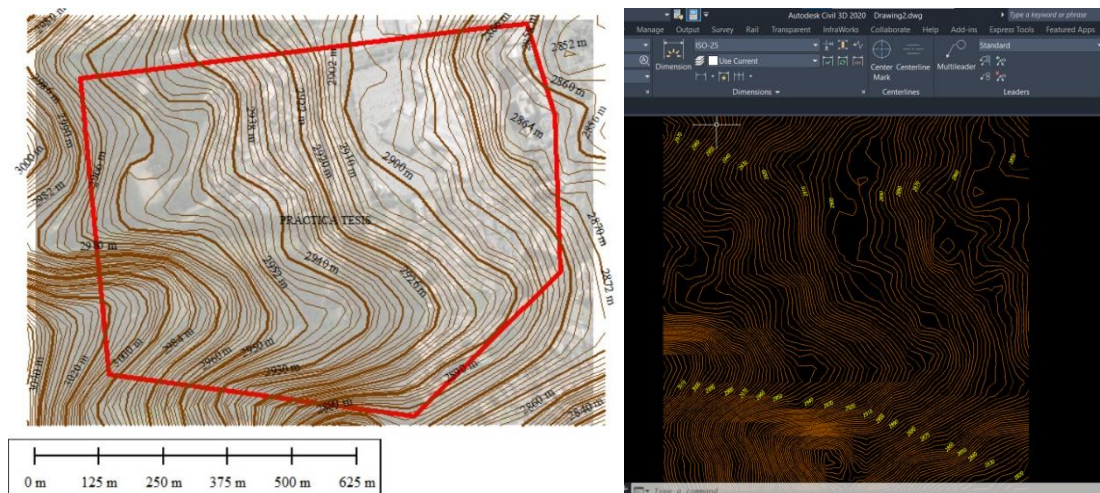


Figura 80. Generación de curvas de nivel en Global Mapper y Civil 3D
Fuente: Elaboración propia

Para generar la superficie en el Autodesk Civil 3D es necesario tener previamente los DEMs ya sea en formato .tif o .dem, los cuales pueden ser obtenidos por medio de Global Mapper como explicó anteriormente o descargarlos del internet o generados de aerofotogrametría como se verá en el capítulo correspondiente.

En el Autodesk Civil 3D debemos configurar inicialmente las unidades, el sistema de coordenadas, la zona y la escala para posteriormente generar una superficie desde un DEM (Create Surface from DEM) con los intervalos de curvas y etiquetas deseados.

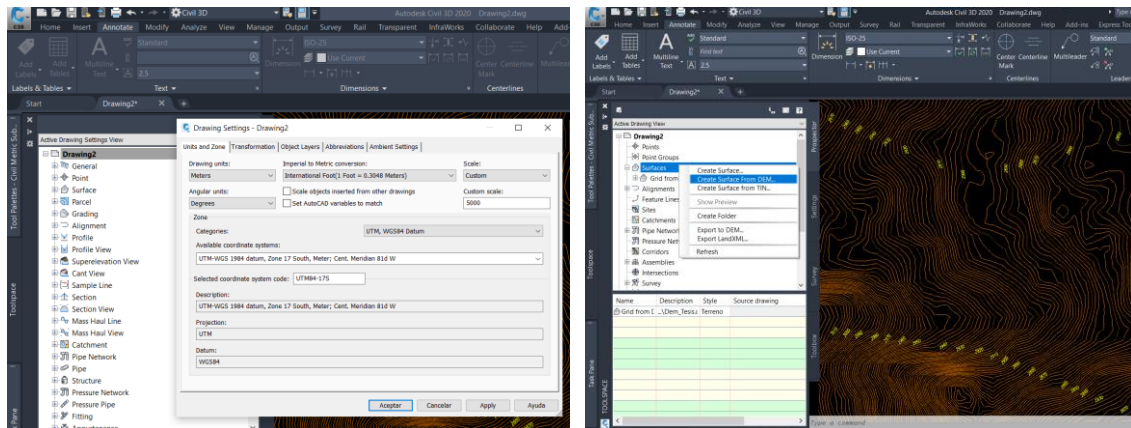


Figura 81. Configuración Autodesk Civil 3D y generación de superficie

Fuente: Elaboración propia

Esta información ya se podría utilizar a nivel preliminar para evaluar la prefactibilidad del proyecto y la ubicación tentativa de las obras a realizarse, así como también las áreas de interés a ser levantadas posteriormente por el equipo de topografía.

6.2.2. Puntos de control GNSS

6.2.2.1. Control Horizontal

El primer paso para iniciar un proyecto es la colocación de puntos de control GNSS los cuales georreferenciarán al mismo, tanto en norte y este a nivel milimétrico, el valor de la cota depende del modelo geoidal a ser utilizado (EGM96 o EGM08) obteniendo precisiones de submétricas a métricas razón por la cual dependiendo de la importancia del proyecto se debe arrastrar la nivelación de una placa de control vertical del IGM.

En este caso colocaremos 4 puntos de control en diferentes posiciones a lo largo del área a ser analizada, uno de estos puntos estará ubicado en un lugar inadecuado esto hecho de manera didáctica para comprender el funcionamiento del sistema.

Utilizaremos 4 antenas, 1 Leica modelo GS15, 3 Stonex modelo S900A, S850 y S8, configuradas previamente para método estático o estático rápido. Se ubicarán y marcarán los lugares en los cuales se colocará la antena, las cuales deben seguir las recomendaciones dadas anteriormente en el capítulo 3.



Figura 82. Colocación de puntos de control GNSS
Fuente: Elaboración propia

El tiempo de observación de estos puntos dependerá de la distancia en que se encuentren con respecto a la estación de referencia, en nuestro caso la estación a utilizar será QUITO1 ubicada a 6 Km del proyecto, por lo que se considerara un tiempo mínimo de 42 minutos de acuerdo a la ecuación sugerida por el IGM.

Intervalos				25/05/2022	26/05/2022	06:00	12:00	18:00
	QUI1	25/05/2022 18:59:42	26/05/2022 18:59:41	23:59:59	18:00	00:00		
	T1	26/05/2022 16:01:12	26/05/2022 17:15:11	01:13:59				T1
	T2	26/05/2022 16:13:25	26/05/2022 17:16:50	01:03:25				T2
	T3	26/05/2022 16:25:21	26/05/2022 17:20:56	00:55:35				T3
	T4	26/05/2022 16:30:30	26/05/2022 17:22:48	00:52:18				T4

Figura 83. Tiempos de observación de puntos de control GNSS
Fuente: Elaboración propia

Una vez recolectada la información de campo, se descargará la misma de cada una de las antenas cuyos formatos nativos serán .m00 para Leica, T02 para Trimble, .dat para Stonex y dependiendo del software a utilizar para el post proceso es recomendable transformar a formato Rinex dicha información ya que este formato es de manejo común para cualquier plataforma.

Los datos de la estación de monitoreo continuo en el caso de Ecuador se encuentran liberados por parte del IGM y pueden ser descargados desde el siguiente enlace http://www.geoportaligm.gob.ec/portal_geodesia/

Ya con la información tanto de la estación de referencia como de las antenas utilizadas y usando las hojas de campo en las que tendremos la información de hora de inicio y fin, altura de la antena, nombre del punto y datos complementarios, se realizará el post proceso, en este caso se utilizaron los softwares Leica Infinity y TBC (Trimble Business Center) con los cuales se obtuvo los siguientes resultados:

COORDENADAS OBTENIDAS						
PUNTO	GEOGRAFICAS		PLANAS UTM		SIRES DMQ	
	LATITUD	LONGITUD	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE
T1	0°09'50.1526"S	78°29'54.5990"O	9981863.262	778442.284	9981865.108	500167.086
T2	0°09'51.1696"S	78°29'56.5732"O	9981832.025	778381.176	9981833.856	500106.011
T3	0°09'50.0885"S	78°29'55.7406"O	9981865.220	778406.974	9981867.077	500131.767
T4	0°09'49.8523"S	78°29'57.3335"O	9981872.478	778357.711	9981874.334	500082.490

Cuadro 12. Resultados de coordenadas obtenidas
Fuente: Elaboración propia



Figura 84. Ubicación de puntos de control
Fuente: Elaboración propia

6.2.2.2. Control Vertical

Como se indicó previamente por ser desconocida la exactitud del modelo geoidal tanto el EGM96 como el EGM08 para el área del proyecto, se procede a enlazar todos los puntos GNSS a la red de control vertical del IGM (BM's), siendo el punto AO-MV-07, de primer orden y el cual se encuentra ubicado en la esquina sur del puente del sector de “El Bosque”.



Figura 85. Placa IGM de control vertical y nivelación cerrada
Fuente: Elaboración propia

Se utilizó nivelación cerrada para la determinación de las cotas de los puntos de control, la cual será comparada con las obtenidas en el postproceso de los puntos con modelos geoidales aplicables en Ecuador, adicionalmente se la comparará también con el valor obtenido en la aplicación del IGM para calcular la altura geoidal como se explicó en el capítulo 2.

RESULTADOS OBTENIDOS							
PUNTO	ELEVACIONES				DIFERENCIAS		
	NIVELADA	EGM96	EGM08	IGM	EGM96	EGM08	IGM
T1	2907.778	2909.816	2908.406	2907.742	2.038	0.628	0.036
T2	2918.402	2920.429	2919.065	2918.354	2.027	0.663	0.048
T3	2912.917	2914.971	22913.511	2912.895	2.054	0.594	0.022
T4	2916.386	2918.420	2916.941	2916.342	2.034	0.555	0.044

Cuadro 13. Resultados de elevación obtenidas
Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar existe una diferencia de 2m a 0.65m con respecto a la cota nivelada y los modelos geoidales, por lo que, dependiendo la importancia del proyecto, la ubicación se podrá escoger el modelo que más se aproxime a nuestros requerimientos.

Sin embargo, también podremos utilizar el modelo geoidal del IGM el cual presenta diferencias menores de 5cm, debiendo considerar que este valor depende de la cercanía de las placas de control vertical al proyecto.

6.2.3. Poligonal de precisión

Para la realización de esta práctica se utilizó un equipo marca Leica Nova TS60 de 0.5 segundos, ideal para trabajos de precisión como son poligonales, monitoreo y control. Debido a la longitud de las poligonales y precisión del equipo se realizó nivelación trigonométrica para determinar las cotas de los vértices del polígono los mismos que fueron materializados con estacas en campo para posteriormente ser ubicados con la ayuda de un bípode para el bastón con prisma.

Se realizó un ejercicio de poligonal cerrada y otro ejercicio de poligonal abierta con control de cierre.



Figura 86. Medición de poligonales
Fuente: Elaboración propia

6.2.3.1. Poligonal cerrada

El uso de la poligonal cerrada es funcional en proyectos no lineales en los que deseamos cubrir un área determinada, por ejemplo, plantas industriales, refinerías, manzanas y barrios, entre otros, lo que nos ayudará para posteriores trabajos de topografía como son levantamientos topográficos ya sean radiales o por secciones transversales, así como también para replanteo de obras.

CUADRO COORDENADAS – POLIGONAL CERRADA			
PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION
PI - 1	9981855.446	500172.928	2910.081
PI - 2	9981839.579	500161.976	2912.848
PI - 3	9981843.964	500136.843	2913.784
PI - 4	9981829.666	500117.814	2919.803
PI - 6	9981843.029	500086.733	2917.892

Cuadro 14. Resultados de poligonal cerrada

Fuente: Elaboración propia

En este caso la precisión de la poligonal se da comparando la variación que existe entre las coordenadas de llegada de partida y de llegada dividido para la longitud de la poligonal.

PRECISIÓN DE LA POLIGONAL							
PUNTO	NORTE	ESTE	Δ_{NORTE}	Δ_{SUR}	Δ_{TOTAL}	LONGITUD	PRECISION
T1 PARTIDA	9981865.108	500167.086	0.015	0.000	0.015	232.438	$\frac{1}{15068}$
T1 LLEGADA	9981865.123	500167.086					

Cuadro 15. Precisión de poligonal cerrada

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo indicado en el capítulo 3, se trataría de una poligonal de segundo orden (proyectos especiales) como son conducciones de agua, drenaje vial, control de inundaciones, ciudades costeras y aquellos que por sus requieren un control exhaustivo de coordenadas y cota.

6.2.3.2. Poligonal abierta con control de cierre

Este tipo de poligonal es la más usada en obras lineales ya que tenemos 2 puntos de control al inicio, 2 al final y si se trata de una gran longitud pasado los 8 Km tendremos también puntos intermedios con los cuales podremos realizar el respectivo control de cierre de la poligonal sin volver al punto de partida.

La resolución de este tipo de poligonal es similar a la del tipo cerrada.

A continuación, se muestra el polígono desarrollado:

CUADRO DE COORDENADAS - POLIGONAL ABIERTA CON CONTROL			
PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION
PI - 1	9981855.446	500172.928	2910.081
PI - 2	9981839.579	500161.976	2912.848
PI - 3	9981843.964	500136.843	2913.784
PI - 4	9981829.666	500117.814	2919.803
PI - 5	9981821.116	500086.584	2921.636
PI - 6	9981843.029	500086.733	2917.892

Cuadro 16. Resultados de poligonal abierta con control de cierre
Fuente: Elaboración propia

De igual manera se calcula la precisión de la poligonal como se explicó anteriormente.

PRECISIÓN DE LA POLIGONAL							
PUNTO	NORTE	ESTE	Δ_{NORTE}	Δ_{SUR}	Δ_{TOTAL}	LONGITUD	PRECISION
T4 CONTROL	9981874.334	500082.490	0.008	0.005	0.009	201.148	$\frac{1}{21813}$
T4 LLEGADA	9981874.326	500082.495					

Cuadro 17. Precisión de poligonal abierta con control de cierre
Fuente: Elaboración propia

6.2.4. Fotogrametría con dron

Una vez tengamos nuestros puntos GNSS y poligonal ya tendríamos la información suficiente para colocar nuestros puntos de control del terreno (GCP), en este caso son suficientes 4 puntos, de ser necesario y tener muchos cambios de nivel es recomendable aumentar el número de GCPs, el dron a utilizar es un DJI Air 2S con un sensor de 1', cámara de 20 Megapíxeles y foco de apertura fija.



Figura 87. Drone DJI Air 2S utilizado
Fuente: Elaboración propia

Para la obtención del ortomosaico se siguieron los siguientes pasos:

1. Se utilizó la aplicación Drone Harmony para Android, en la cual se puede realizar el plan de vuelo de manera intuitiva y automatizada, configurando ciertos parámetros como son la altura y velocidad de vuelo, el traslape frontal y lateral, el modelo de dron a ser usado, el tipo de grilla que se desee realizar (simple, doble, triple) de acuerdo a las necesidades, la dirección de vuelo y el ángulo del gimbal o cardan. En nuestro caso delimitaremos el área de trabajo, haremos un vuelo doble grilla con traslape frontal de 85% y lateral de 70% de acuerdo a las recomendaciones dadas por Pix4D para terrenos con vegetación, la velocidad de vuelo la estableceremos en 5 m/s y el gimbal a 90°.

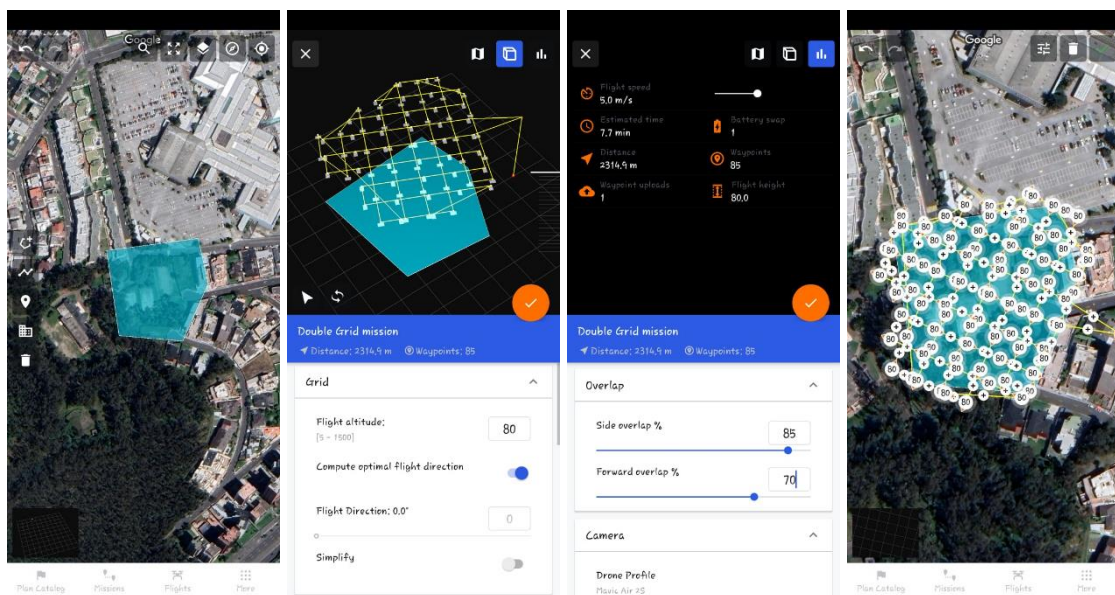


Figura 88. Planificación de vuelo en Drone Harmony

Fuente: Elaboración propia

2. Previo a enviar el plan de vuelo al dron es necesario realizar un reconocimiento del lugar para determinar si existe obstáculos a la altura de vuelo, de ser el caso se corrige este valor en la aplicación. Adicionalmente se coloca las dianas o marcas en los puntos GCP que utilizaremos para georreferenciar posteriormente el ortomosaico.
3. Enviamos el plan de vuelo al dron para la obtención de imágenes mientras se monitorea constantemente el vuelo por medio de la pantalla del dispositivo utilizando en el control, considerar que si el tiempo de vuelo excede el tiempo de duración de la batería es necesario revisar continuamente la ubicación y monitoreo del dron.



Figura 89. Ejecución del plan de vuelo en el dron
Fuente: Elaboración propia

4. Ya terminada la obtención de las imágenes conforme a lo planificado previamente, se descargará las mismas colocando la memoria del dron en una computadora y copiarlas al directorio de trabajo.
5. Con las imágenes ya descargadas procederemos a procesarlas en el software Pix4D, cargando las imágenes, eligiendo el sistema de coordenadas a usar tanto en el proceso, como para los GCP. Ya con toda la información ingresada podemos realizar el paso 1: procesamiento inicial, en la cual se alinearán las fotografías y se generará la nube de puntos inicial y generará un reporte de calidad.

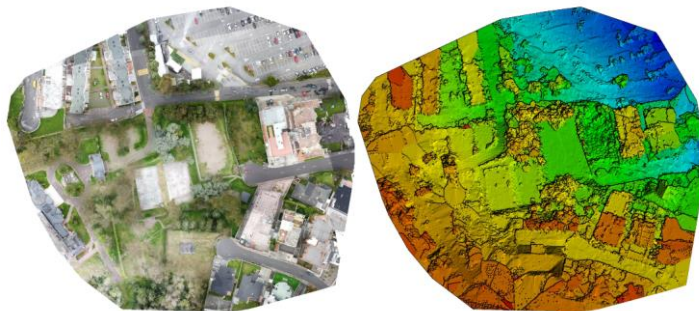


Figura 90. Ortomosaico y DSM previo generado por Pix4D
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente debemos ingresar los puntos GCP y pinchar las imágenes en las que se tengan las dianas colocadas con los GCP correspondientes para con esto georreferenciar el ortomosaico, realizado esto con todos los puntos se realiza el paso 2: nube de puntos densa y malla.

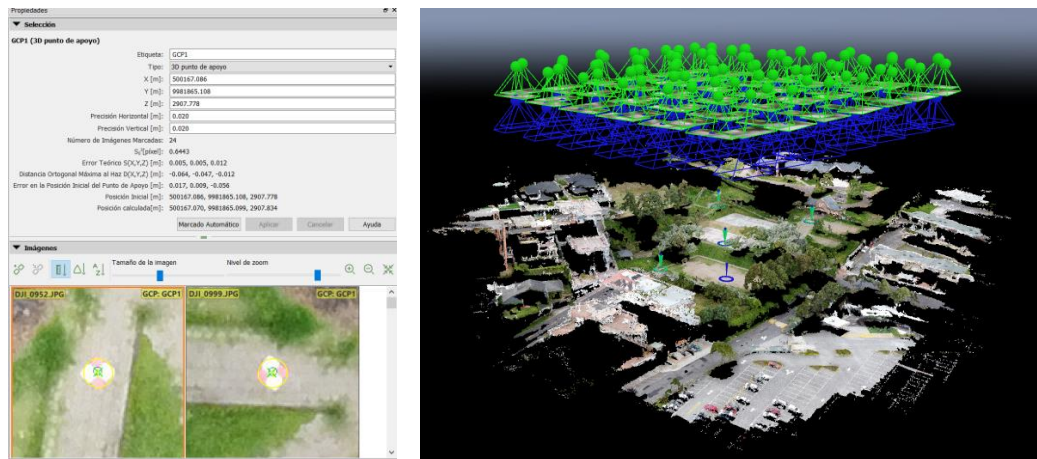


Figura 91. Pinchado de GCPs y Nube de puntos densa obtenidos
Fuente: Elaboración propia

Previo a realizar el paso 3: MDS, ortomosaico e índices, se puede realizar la clasificación manual de la nube de puntos densa, con la finalidad de que el DTM generado este acorde a lo necesitado y finalmente ejecutaríamos este último paso y obtendríamos como resultado final: ortomosaico, MDS y MDT.



Figura 92. Ortomosaico final obtenido
Fuente: Elaboración propia

Si se realizó una correcta clasificación de la nube de puntos densa obtendremos un DEM sobre el cual ya podremos generar una superficie de terreno ya sea en Autodesk Civil 3D, ArcGIS, QGIS entre otros; sobre los que ya se obtendrá una planimetría con curvas de nivel que se la puede utilizar a nivel de factibilidad para el diseño de diferentes obras de infraestructura.

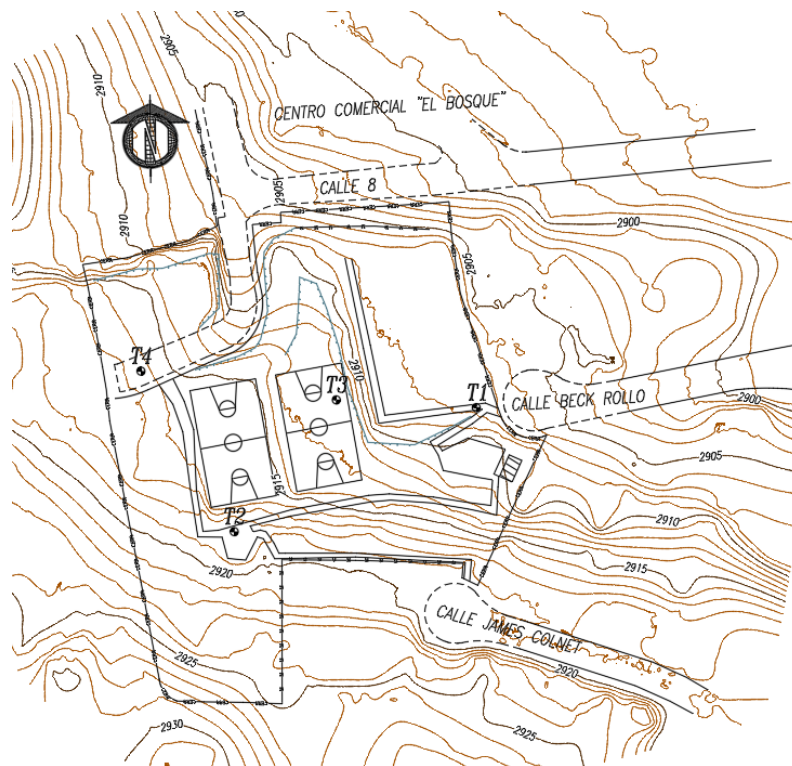


Figura 93. Planimetría y generación de curvas de nivel desde fotogrametría

Fuente: Elaboración propia

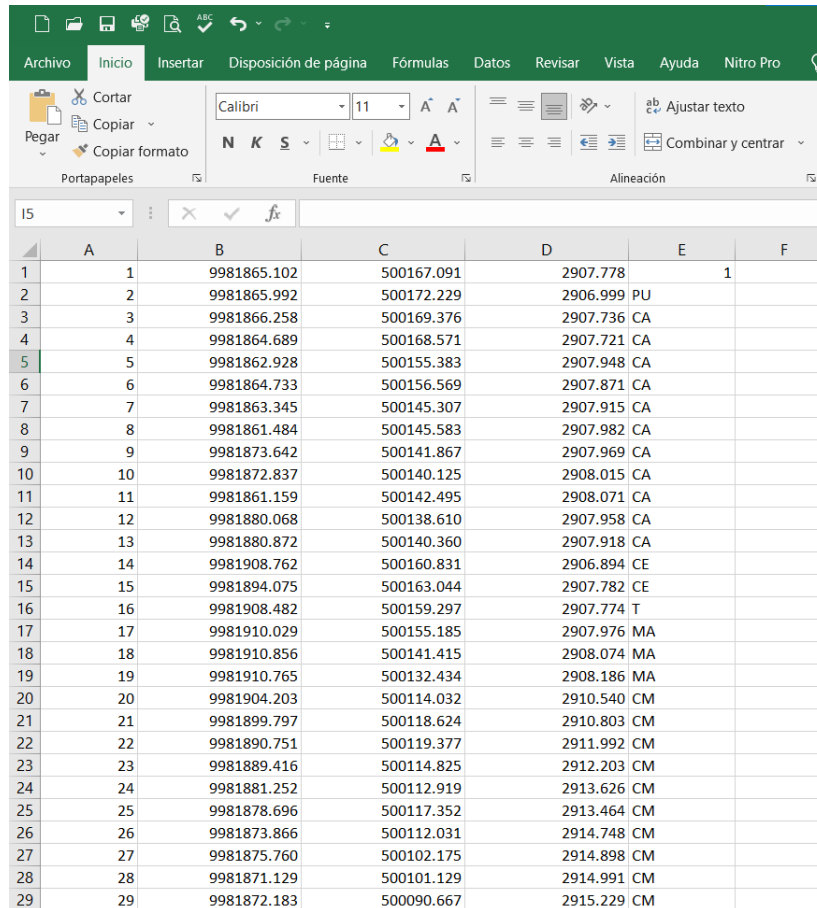
6.2.5. Levantamiento topográfico

6.2.5.1. Toma de información de campo

Con la información base necesaria para el inicio de los trabajos topográficos y teniendo procesada la información de la poligonal, se procederá a la realización del levantamiento topográfico partiendo de los puntos de control ubicados, levantándose todos los accidentes topográficos del terreno, para esto se utilizará una estación total Leica Nova TS60, con la cual se realizará la toma radial de puntos importantes los cuales definirán la superficie del terreno y obtener el modelo digital de terreno (DTM), el cual es base fundamental para los diseños. La gran mayoría de los puntos se los tomo al bastón con prisma y en puntos de difícil acceso se utilizó el láser del equipo.

6.2.5.2. Procesamiento y dibujo de información

La descarga y procesamiento de la información se la realizó una vez terminada la medición, dependiendo de la estación total con la cual se realice los trabajos la información puede venir en formato nativo (.gsi, .sdr, .dat) o en la mayoría de casos en formato reducido (.asc, .csv, .txt) los cuales son manejables en cualquier plataforma ofimática y CAD.



	A	B	C	D	E	F
1	1	9981865.102	500167.091	2907.778	1	
2	2	9981865.992	500172.229	2906.999	PU	
3	3	9981866.258	500169.376	2907.736	CA	
4	4	9981864.689	500168.571	2907.721	CA	
5	5	9981862.928	500155.383	2907.948	CA	
6	6	9981864.733	500156.569	2907.871	CA	
7	7	9981863.345	500145.307	2907.915	CA	
8	8	9981861.484	500145.583	2907.982	CA	
9	9	9981873.642	500141.867	2907.969	CA	
10	10	9981872.837	500140.125	2908.015	CA	
11	11	9981861.159	500142.495	2908.071	CA	
12	12	9981880.068	500138.610	2907.958	CA	
13	13	9981880.872	500140.360	2907.918	CA	
14	14	9981908.762	500160.831	2906.894	CE	
15	15	9981894.075	500163.044	2907.782	CE	
16	16	9981908.482	500159.297	2907.774	T	
17	17	9981910.029	500155.185	2907.976	MA	
18	18	9981910.856	500141.415	2908.074	MA	
19	19	9981910.765	500132.434	2908.186	MA	
20	20	9981904.203	500114.032	2910.540	CM	
21	21	9981899.797	500118.624	2910.803	CM	
22	22	9981890.751	500119.377	2911.992	CM	
23	23	9981889.416	500114.825	2912.203	CM	
24	24	9981881.252	500112.919	2913.626	CM	
25	25	9981878.696	500117.352	2913.464	CM	
26	26	9981873.866	500112.031	2914.748	CM	
27	27	9981875.760	500102.175	2914.898	CM	
28	28	9981871.129	500101.129	2914.991	CM	
29	29	9981872.183	500090.667	2915.229	CM	

Figura 94. Puntos descargados desde Estación Total Leica

Fuente: Elaboración propia

En este caso utilizamos el software Autodesk Civil 3D para el procesamiento de la información, insertando los puntos, generando la malla triangular y corrigiendo las triangulaciones que generaron una superficie tridimensional del terreno que puedes ser utilizada para el diseño de las diferentes obras componentes del proyecto, adicionalmente se dibujó la planimetría del lugar considerando los puntos tomados y ayudándonos también del ortomosaico y finalmente laminar en formato de presentación el trabajo realizado. Esta información fue exportada para el uso con cualquier plataforma CAD.

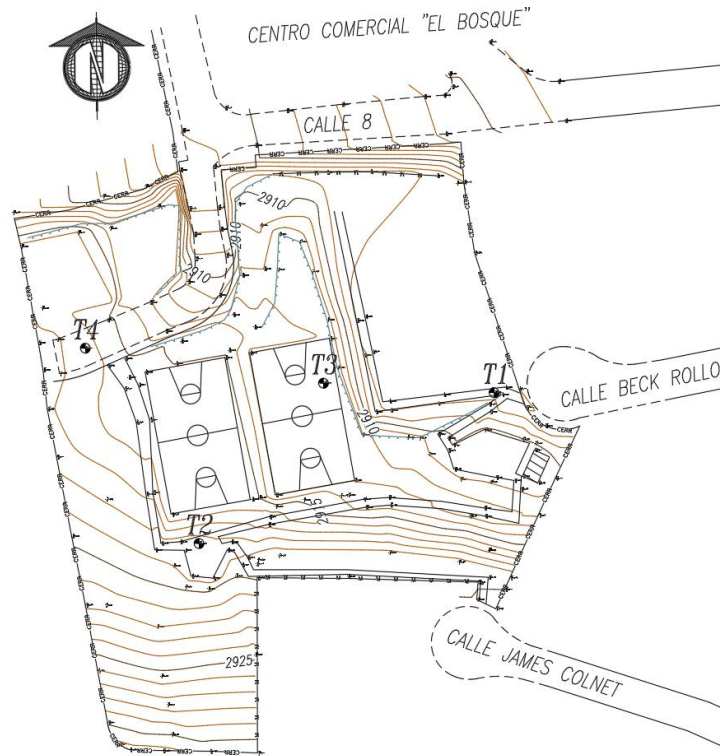


Figura 95. Procesamiento y dibujo de información de campo
Fuente: Elaboración propia

6.2.6. Replanteo topográfico

Para fines didácticos se generó un pequeño alineamiento y un diseño vertical utilizando la información obtenida previamente, se asume que podría ser usado como una caminería o un pasaje pequeño.

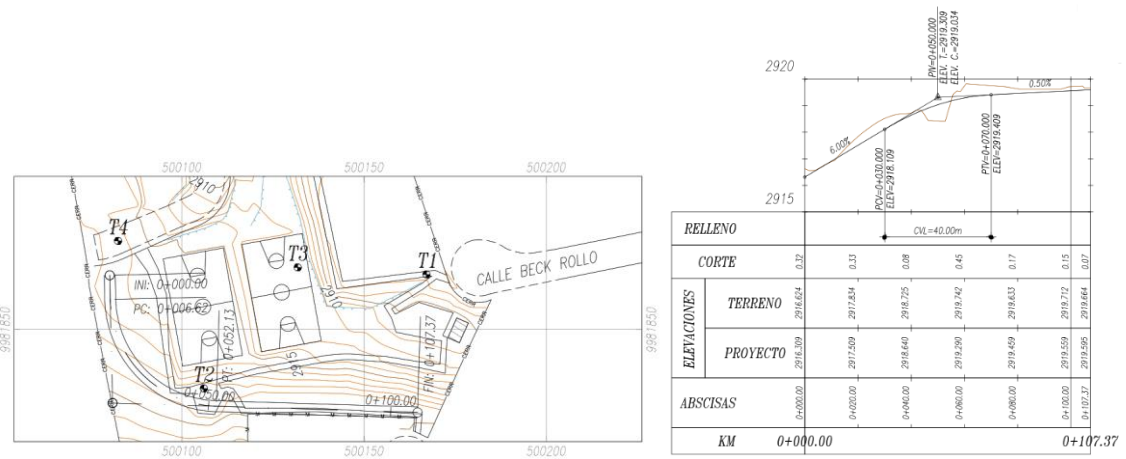


Figura 96. Pasaje proyectado (planta y perfil)
Fuente: Elaboración propia

6.2.6.1. Obtención de información a replantear

Una vez que se tiene el diseño de cualquier obra a realizarse, la misma deberá materializarse en campo ya sea para el proceso constructivo o para verificación en campo, en algunas ocasiones esta información es requerida para detectar afectaciones prediales, para elaboración de estudios geotécnicos entre otros usos que se le pueda dar. Básicamente replantear es materializar lo que se tiene en el papel en el área de trabajo en campo.

Actualmente el proceso de replanteo más utilizado es por medio de coordenadas ya que se tiene puntos de control conocidos y materializados en los cuales el equipo se planta y partiendo de los mismos se puede ubicar cualquier punto en el cual se conozcan sus coordenadas.

Para esto dentro de los programas especializados se pueden generar reportes de coordenadas de las obras que requieran ser replanteadas, los mismos que no son mas que libretas de campo con información de norte, este, elevación y código, los que serán ingresados de manera manual o automática al equipo para posteriormente ser ubicados y materializados.

DATOS DE REPLANTEO			
ABSCISA	NORTE	ESTE	OBSERVACIONES
0+000.000	9981864.89	500080.20	INICIO
0+006.619	9981858.27	500080.35	PC
0+010.000	9981854.90	500080.62	
0+020.000	9981845.40	500083.59	
0+030.000	9981837.39	500089.49	
0+040.000	9981831.76	500097.70	
0+050.000	9981829.12	500107.30	
0+052.129	9981829.98	500109.42	PD
0+060.000	9981828.73	500117.29	
0+070.000	9981828.42	500127.28	
0+080.000	9981828.12	500137.28	
0+090.000	9981827.81	500147.27	
0+100.000	9981827.50	500157.27	
0+107.374	9981827.27	500164.64	FIN

Cuadro 18. Datos de replanteo

Fuente: Elaboración propia

6.2.6.2. Trabajos de campo

Ya con el listado de puntos a replantear nos movilizamos al lugar de proyecto y cargamos la información en el equipo, el cual ya está plantado en uno de los puntos de referencia conocidos y se procederá a ubicar cada uno de los puntos, el equipo calcula la dirección y distancia a la cual el cadenero deberá desplazarse.

El equipo a utilizarse en este caso es una estación total Stonex R35 600 con precisión angular de 2 segundos, sistema operativo Windows ce y pantalla gráfica, la cual ayuda mucho al momento de levantar y de replantear ya que en la pantalla se puede mirar y escoger la información realizada.



Figura 97. Equipo utilizado en el replanteo
Fuente: Elaboración propia

Los puntos fueron materializados y marcados en campo, se colocó la señalización para esto se utilizó un mini prisma marca Leica cuyo uso es para esta actividad, el cual se puede graduar en elevación y nos dará una mayor precisión al momento de la ubicación de los puntos.



Figura 98. Ubicación y materialización de los puntos a replantar
Fuente: Elaboración propia

Ya con los puntos replanteados se podrá afinar el diseño vertical en el caso de una vía, verificar cruces de redes, interferencias, revisar afectaciones o construir.

CONCLUSIONES

- Para realizar el control vertical de trabajos de topografía, estos deben estar enlazados a un punto de nivelación (BM) de la Red de nivelación altimétrica del IGM cuya cota es conocida, y únicamente en caso de que en la zona de trabajo no hubiese dicho punto, se podrá establecer la cota de inicio desde un sistema local mediante el uso de un GNSS y a partir de este punto conocido se hará el arrastre de cotas ya sea con estación total o con un nivel topográfico.
- El control horizontal se lo realiza mediante el uso de un GNSS diferencial que se encarga de transmitir correcciones de los datos recibidos de los satélites desde una estación de referencia con coordenadas conocidas a un receptor móvil, para de esta forma obtener una mayor precisión.
- El uso de antenas GNSS de frecuencia simple o frecuencia doble dependerá de la distancia entre ellas. En distancias menores a 40 km se utiliza antenas de frecuencia simple, mientras que, en distancias de hasta 300 km se utiliza antenas de doble frecuencia, garantizando en estos rangos una precisión milimétrica, algo que no se aseguraría en distancias de más de 300 km.
- Al realizar una nivelación geométrica no es necesario hacer correcciones por efecto de la curvatura terrestre ya que las distancias entre el nivel y el punto a medir son relativamente cortas, por lo que la Tierra podría ser considerada plana y de esta manera se evitaría tener errores por curvatura.
- El uso de drones tiene algunas ventajas en comparación con los métodos tradicionales de topografía: pueden realizar el mismo trabajo en menos tiempo, se reducen costes, se reduce el personal ya que sólo se requeriría el piloto del dron para su manejo, llegan a zonas de difícil acceso evitando de esta forma poner en peligro al personal, etc. Sin embargo, en la actualidad la fotogrametría con drones no ha reemplazado a la topografía tradicional, sino que es utilizada como un complemento debido a que con ella se pueden alcanzar precisiones centimétricas, mientras que con topografía tradicional podemos llegar a tener precisiones milimétricas.
- En zonas despejadas la diferencia en elevación entre la topografía y la fotogrametría bien ejecutada (GCP correctos y clasificación manual de puntos

bien realizado) ronda entre 2 y 10 cm, mientras que en zonas con cobertura vegetal densa los errores son superiores a 1m por lo que no es recomendable su uso salvo que se tenga un módulo L1 (LIDAR).

- Se debe considerar el uso de nivelación geométrica para los puntos de control ya que los modelos geoidales de uso en el país abarcan errores superiores a 1 metro por lo que no se podría enlazar con los proyectos de diferentes empresas, como es el caso de la EPMAPS y EPMMOP que trabajan con cota nivelada.
- En la ingeniería civil, los trabajos de topografía son esenciales en las fases de construcción: antes, durante y después de la ejecución de un proyecto.
 - En los preliminares, se obtiene toda la información necesaria respecto del terreno, calles, aceras, pavimentos y los servicios públicos.
 - Durante la ejecución del proyecto, se realiza el replanteo de ejes de obra y los niveles de referencia.
 - Al finalizar el proyecto, los trabajos realizados anteriormente definen si la obra se desarrolló de forma correcta.

RECOMENDACIONES

- Al hacer uso de antenas GNSS, se recomienda colocarlas en un lugar despejado de manera que no se interfiera la señal de los satélites.
- Cuando se realiza una nivelación es necesario tener en cuenta que, en espacios con pendientes elevadas, la distancia entre el nivel y el punto a medir debe ser de 10 m hasta máximo 15 m, de lo contrario no será posible visualizar la mira y no se podrá realizar la medición.
- Aplicar métodos de comprobación en las mediciones como es el caso de la nivelación de ida y vuelta para de esta forma determinar alguna equivocación y tener control sobre los errores.
- Al realizar fotogrametría con drones se debe tener en cuenta las condiciones meteorológicas del lugar ya que no es posible realizar el vuelo si llueve, hay vientos fuertes o hay nubosidad.
- Seguir los lineamientos establecidos en el reglamento para “Operación de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAs)” emitido por la Dirección General de Aviación Civil para conocer la altura máxima de vuelo, las zonas prohibidas para volar y demás parámetros necesarios para poder operar un dron dentro del país.
- Para realizar las mediciones, se recomienda colocar el trípode a la altura del pecho del operador para su comodidad y evitar que este tenga que agacharse o elevarse para visualizar los puntos.
- Es necesario verificar que los equipos estén calibrados y asegurarse de que el “ojo de pollo” de la estación o el nivel se encuentre lo más centrado posible antes de empezar a realizar mediciones, para esta forma evitar errores.
- Los informes, documentos, mapas, en general cualquier entregable que se presente, debe contener toda la información y criterios necesarios para que

cualquier persona lo pueda comprender y logre llevar a cabo el proyecto sin equivocaciones o confusiones.

- Las recomendaciones generales están incluidas en cada capítulo dentro del documento.

BIBLIOGRAFÍA

- Aerial insights. (2015). *¿Qué es la fotogrametría con drones?* Recuperado el 26 de Octubre de 2021, de Aerial insights: <https://www.aerial-insights.co/blog/fotogrametria-con-drones/>
- Arévalo, B., Bayona, E., & Rincón, I. (2015). Metodología para documentación 3D utilizando fotogrametría digital. *Tecnura*, 113-120. doi:<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.3.a09>
- Arq. Com. (2018). *Civil Cad*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2021, de Arq. Com: <https://arqcom.mx/civilcad/>
- Avilés, H., Burgos, A., & Maldonado, M. (2018). *Replanteo y trazado del proyecto vertical de la carretera: Cerecita – Tamarindo – Bajada de progreso: tramo #1 desde abs. 0+000 hasta abs. 1+100*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2021, de Escuela Superior Politécnica del Litoral: <https://cutt.ly/tT8emlk>
- Baldovino, B. &. (2021). *Producción de cartografía básica para el desarrollo regional en el marco del plan bicentenario Perú, 2021*. Recuperado el Enero de 2022, de https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1203/Antonio_Tesis_maestria_2016.pdf?sequence=1
- Bravo, A. (2018). *Topografía de alta definición (HDS™) – láser escáner 3D*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2021, de UP Commons: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/16694/237_246%20PV07.pdf
- Cartagenas. (2016). *Sistema de coordenadas ortogonales*. Recuperado el Enero de 2022, de <https://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/Tema%200.pdf>
- Cely, G. (2017). *Manual de prácticas de topografía para estudiantes de Ingeniería Civil Universidad Santo Tomás, Tunja*. Tunja: Universidad Santo Tomás.
- Certicalia. (2017). *Métodos de replanteo*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2021, de <https://www.certicalia.com/blog/metodos-de-replanteo>

- Cramer, M. (2006). The ADS40 Vaihingen/Enz geometric performance test. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 60 (6), 363–374.
- Del Río, O., Gómez, F., López, N., Saenz, J., & Espinoza, A. (2020). Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 14 (2). Recuperado el 29 de Octubre de 2021, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193963490001>
- Duque, J. (2015). *Comparación Estadística de Métodos Interpolación Determinísticos y Estocásticos para la generación de Modelos Digitales del Terreno a partir de datos LIDAR, en la parroquia de Tumbabiro, cantón San Miguel de Urucuquí, provincia de Imbabura*. Quito: San Francisco de Quito.
- Elvir, D. (2010). *Manual básico Easy surf y Civilcad*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2021, de Dokumen: <https://dokumen.tips/documents/manual-basico-easy-surf-y-civilcad-2010-parte-1.html>
- Fao. (2018). *Levantamientos topográficos. Nivelación directa*. Recuperado el Enero de 2021, de https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6707s/x6707s08.htm
- Felicísimo, A. (1994). *Modelos Digitales del Terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales*. Oviedo: Pentalfa. Recuperado el 23 de Septiembre de 2021, de <http://www6.uniovi.es/~feli/pdf/libromdt.pdf>
- Flirck. (2016). *Clinómetro*. Recuperado el Enero de 2022, de <https://www.flickr.com/photos/proaves/31240966985>
- García, J. (2009). DielmoOpenLIDAR: control de calidad de datos LIDAR y generación de productos finales. *III Jornadas de SIG Libre*. Girona: Universidad de Girona.
- Gobierno del Ecuador. (2020). *Registro Oficial No. 132*. Quito: Registro Oficial del Ecuador.
- González, A. (2018). *Lecciones de topografía y replanteos*. Alicante: Club Universitario.
- Jiménez, N., Magaña, A., & Soriano, E. (2019). *Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y GPS como métodos indirectos*. Ciudad Universitaria: Universidad de El

Salvador. Recuperado el 13 de Noviembre de 2021, de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20697/1/An%C3%A1lisis%20comparativo%20entre%20levantamientos%20topogr%C3%A1ficos%20con%20estaci%C3%B3n%20total%20como%20m%C3%A9todo%20directo%20y%20el%20uso%20de%20Drones%20y%20GPS%20como%20m%C3%A9todos%20indirectos.pdf>

Kasser, M., & Egels, Y. (2002). *Digital Photogrammetry*. Londres: Taylor & Francis.

León, B. (2018). *Fundamento. Método de Radiación*. España: Universidad de Sevilla.

Machado, M., & Pertúz, J. (2020). *Análisis de la utilización de drones para el levantamiento topográfico en sitios habitados donde se presentan aguas estancadas en el Municipio de Ciénaga Magdalena*. Santa Marta: Universidad Cooperativa de Colombia. Recuperado el 30 de Noviembre de 2021, de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/32568/2/2020_Utilizacion_Drones_Levantamiento.pdf

Mena, R., & Ordóñez, M. (2021). *Generación de cartografía a detalle de aproximadamente 200 Ha a través de fotogrametría de corto alcance (UAV), como insumo topográfico para proyectos de ingeniería civil*. Sangolquí: ESPE. Recuperado el 30 de Octubre de 2021, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/26064/1/T-ESPE-044813.pdf>

Montes de Oca, S., & Yelicich, R. (2012). *Estudio de metodologías utilizadas en relevamientos y replanteos topográficos con destino a obra lineal*. Montevideo: Universidad de la República Uruguay. Recuperado el 5 de Noviembre de 2021, de <https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/2012/5919/Proyecto%20de%20Grado%20MONTES%20DE%20OCA%20-%20YELICICH%20.pdf>

Morales, L. (2015). *Curvas verticales del curso de caminos*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2021, de Slide Share: <https://es.slideshare.net/LuisMorales94/curvas-verticales-caminos>

Muñoz, A. (2009). *Geodesia y topografía: Fundamentos de los sistemas de información geográfica*.

- Navarro. (2014). *Topografía I*. Recuperado el Enero de 2022, de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/unidad-iii-planimetrc3ada-concinta.pdf>
- Navarro, S. (2008). *Topografía I. Curvas horizontales*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2021, de SJ Navarro: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/unidad-vii-curvas.pdf>
- Navarro, S. J. (2011). *Manual de Topografía - Planimetría*. Recuperado el 19 de Septiembre de 2021, de SJNavarro: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/apuntes-topografia-i.pdf>
- Netatmo. (2018). *Glosario barómetro*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2021, de Netatmo: <https://www.netatmo.com/es-es/glosario/barometro>
- Neuman, K., Zapperi, P., Aldalur, N., Campo, A., Bongiovanni, A., & Pischel, D. (2018). Modelo digital del terreno mediante relevamientos con GNSS. *Universidad Nacional de Luján. Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 10 (10), 107-117. Recuperado el 23 de Septiembre de 2021, de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/128776/CONICET_Digital_Nro.726be57e-944d-4e13-a44a-8b7a01effd05_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Nodubitatio. (2019). *Curvas horizontales*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2021, de Topografía y carreteras: <https://nodubitatio.es.tl/Curvas-horizontales.htm>
- Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográfica*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Pardiñas, J. (2016). *Manual de replanteo*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2021, de Universidade de Santiago. Escola Politécnica Superior de Lugo: http://webspersoais.usc.es/export9/sites/persoais/persoais/joseantonio.pardinas/modules/Manuais/Manual_para_Replanteo.pdf
- Paredes, A. (2020). *Maquinas y herramientas topográficas*. Recuperado el Enero de 2022, de <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/niveles-tipos-y-aplicaciones>
- Pulsómetro sin banda. (2020). *Clinómetro, qué es, para qué sirve, cómo se utiliza*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2021, de

- <https://www.pulsometrosinbanda.com/clinometro-que-es-como-funciona-para-que-sirve/>
- Quiroz, U. (2012). *Levantamiento de un lote por medio de poligonales* . Obtenido de <https://es.slideshare.net/StefhanieQuiroz/levantamiento-de-un-lote-por-medio-de-poligonales>
- Rodriguez, J. (2017). *Cómo funciona un barómetro*. Recuperado el Enero de 2022, de <https://como-funciona.co/un-barometro/>
- Sanz, M., Aguilar, J., & Bravopeña, L. (2015). Generación de un modelo digital del terreno mediante procesamiento fotogramétrico de imágenes aéreas. *SELPER-XXI-México-UACJ-2015*, (págs. 1-6). Juárez.
- Sigla Sas. (2018). *Restitución fotogramétrica, elaboración de cartografía digital basada en fotos aéreas (2D y 3D) a diferentes escalas*. Recuperado el 21 de Octubre de 2021, de <http://www.sigla-sas.com/restitucion-fotogrametrica-y-cartografia.html>
- Slide player. (2017). *Curvas de transición*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2021, de <https://slideplayer.es/slide/1631665/>
- Technoblog. (2013). *Sistemas de navegación por satélite*. Recuperado el Enero de 2022, de <https://nuevastecnoblog.wordpress.com/2013/12/02/sistemas-de-navegacion-por-satelite/>
- Uniovi. (2006). *Modelos digitales del terreno*. Recuperado el 16 de Octubre de 2021, de <https://www6.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema1/Page12.html>
- Vilner. (2019). *Usos del taquímetro*. Recuperado el Enero de 2022, de <https://www.villner.cl/taquimetro-topografico-para-que-sirve/>
- Zamarripa, M. (2010). *Apuntes de topografía*. Recuperado el Enero de 2022, de <http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/facagr/index/assoc/HASHa003.dir/doc.pdf>

ANEXOS

1

PUNTOS DE CONTROL

Ficha de Estación Permanente - REGME

junio-2020

Situación:

Código.....: **QUI1**
Nombre.....: **Quito - IGM**
Código IERS: 42003S003
Instalación...: 01-jul-1987

Cantón: Quito
Provincia: Pichincha

Localización.: Terraza del edificio principal del Instituto Geográfico Militar.

Construcción: Estructura piramidal metálica de 2 m de altura. Sobre esta se ubica la base nivelante (SECO) en la cual se encuentra la antena.

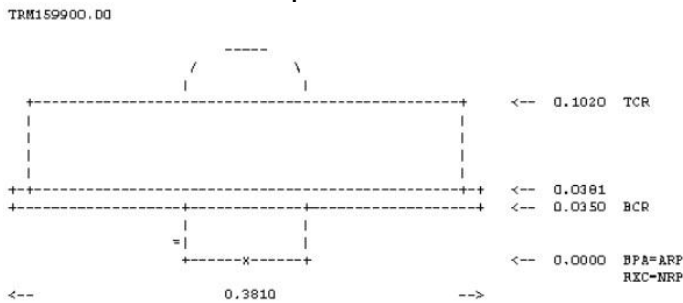
Coordenadas ITRF2008:

Latitud.....: 0° 12' 54.5622" S	X.....: 1272867.284 m.
Longitud.....: 78° 29' 36.9892" W	Y.....: -6252771.983 m.
Altitud elipsoidal: 2922.389 m.	Z.....: -23801.657 m.
Este UTM.....: 778986.301 m.	Altitud sobre el nivel medio del mar:
Norte UTM.....: 9976195.853 m.	Época de referencia: 2016.4
Zona.....: 17 Sur	

Instrumentación:

Receptor: 5229K50838
Antena: TRM159900.00 SCIS Altura: 0.0000 m. (BPA)

Esquema antena



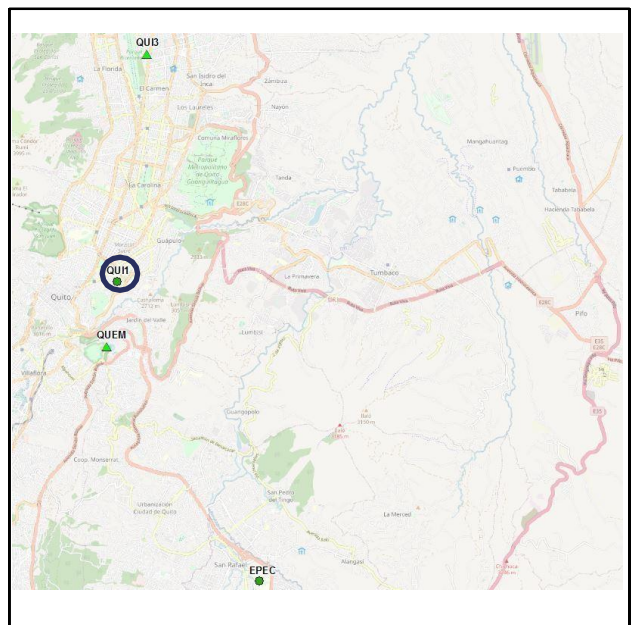
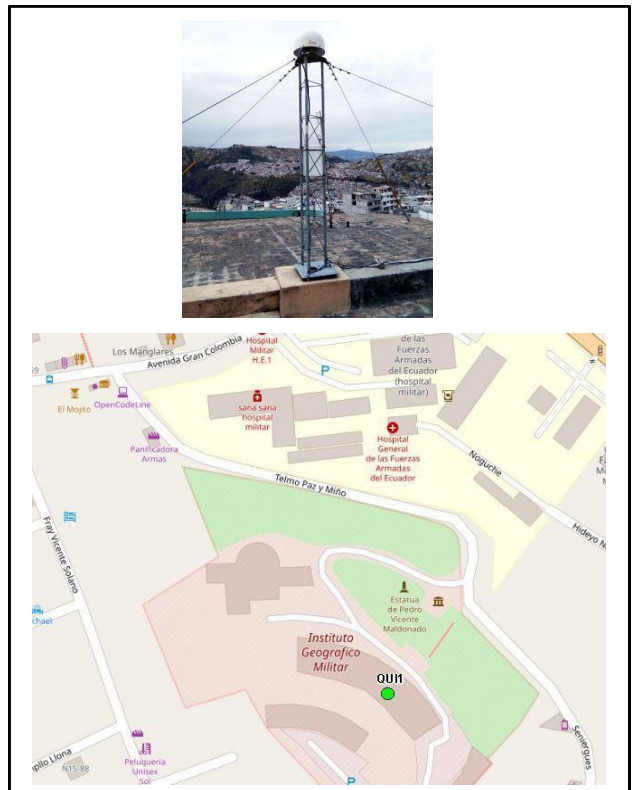
Información adicional:

Esta estación permanente, además de a la red REGME, pertenece a la siguiente red:

- Red SIRGAS Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas : <http://www.sirgas.org/es/>

Datos diarios crudos a 1 segundo y rinex a 30 segundos: <http://www.geoportalligm.gob.ec/geodesia/>

E-mail de contacto IGM: proceso.geodesia@geograficomilitar.gob.ec



Observaciones:

Más información de esta estación permanente:
<ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/DGF/station/log>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR



REGISTRO
EN EL IGM

Monografía de Punto de Control

No. _____

PROYECTO:		APLICACION PRACTICA TESIS	
ENTIDAD CONTRATANTE:			COD. T1-2022-01
DÁTUM HORIZONTAL:	WGS - 84	NOMBRE DEL PUNTO:	T1
DÁTUM VERTICAL:		MAREÓGRAFO DE REFERENCIA:	LA LIBERTAD
		ELIPSOIDE:	GRS 80

LOCALIZACION DEL PUNTO

PAÍS	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	SITIO
ECUADOR	PICHINCHA	QUITO	COCHAPAMBA	PARQUE CLUB SANTA FE

CONTROL HORIZONTAL

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENADAS UTM	COORDENADAS PROYECCIÓN LOCAL	FECHA DE DETERMINACIÓN
LATITUD (° ' "): 0° 09' 50.1526" S	ZONA: 17 S	TIPO DE PROYECCIÓN: TM	25 - 05 - 2022
LONGITUD (° ' "): 78° 29' 54.5990" O	NORTE (m): 9 981 863.262	NORTE (m): 9 981 865.108	ORDEN
ALTURA ELIPSOIDAL (m): 2 935.305	ESTE (m): 778 442.284	ESTE (m): 500 167.086	PRIMARIO
PARÁMETROS PROYECCIÓN LOCAL	FALSO NORTE: 10 000 000	FALSO ESTE: 500 000	FACTOR DE ESCALA: 1.0004584
	LONGITUD MEDIANO CENTRAL: W 78° 30 ' 00 "	LATITUD ORIGEN DE LA PROYECCIÓN:	N 00° 00 ' 00 "

CONTROL VERTICAL

ELEVACIÓN (m): 2 907.778	ORDEN: PRIMARIO	FECHA DE NIVELACIÓN: 29 - 05 - 2022	TIPO DE NIVELACIÓN: GEOMETRICA
--------------------------	-----------------	-------------------------------------	--------------------------------

CROQUIS	FOTOGRAFIA PANORAMICA

UBICACIÓN:
En la camineria junto al ingreso al parque por la calle Beck Rollo

ACCESIBILIDAD:
Subiendo por la calle Beck Rollo se sube las gradas y el punto se encuentra a 10m al occidente del ingreso

MATERIALIZACIÓN	INSCRIPCIÓN EN LA PLACA	OBSERVACIONES
CLAVO DE ACERO INOXIDABLE	T1	

ELABORADO	SUPERVISADO
J. Lasluisa / J. Meneses	Ing. Ramiro Erazo



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR



REGISTRO
EN EL IGM

Monografía de Punto de Control

No.

PROYECTO: APLICACION PRACTICA TESIS		
ENTIDAD CONTRATANTE:	COD.: T2-2022-01	
DÁTUM HORIZONTAL: WGS - 84	NOMBRE DEL PUNTO: T2	ELIPSOIDE: GRS 80
DÁTUM VERTICAL: NIVEL MEDIO MAR	MAREÓGRAFO DE REFERENCIA: LA LIBERTAD	

LOCALIZACION DEL PUNTO

PAÍS	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	SITIO
ECUADOR	PICHINCHA	QUITO	COCHAPAMBA	PARQUE CLUB SANTA FE

CONTROL HORIZONTAL

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENADAS UTM	COORDENADAS PROYECCIÓN LOCAL	FECHA DE DETERMINACIÓN
LATITUD (° ' ") : 0° 09' 51.1696" S	ZONA : 17 S	TIPO DE PROYECCIÓN: TM	25 - 05 - 2022
LONGITUD (° ' ") : 78° 29' 56.5732" O	NORTE (m) : 9 981 832.025	NORTE (m) : 9 981 833.856	ORDEN
ALTURA ELIPSOIDAL (m) : 2 946.000	ESTE (m) : 778 381.176	ESTE (m) : 500 106.011	PRIMARIO
PARÁMETROS PROYECCIÓN LOCAL	FALSO NORTE: 10 000 000	FALSO ESTE : 500 000	FACTOR DE ESCALA: 1.0004584
	LONGITUD MEDIANO CENTRAL : W 78° 30 ' 00 "	LATITUD ORIGEN DE LA PROYECCIÓN :	N 00° 00 ' 00 "

CONTROL VERTICAL

ELEVACIÓN (m): 2 918.402	ORDEN: PRIMARIO	FECHA DE NIVELACIÓN: 29 - 05 -2022	TIPO DE NIVELACIÓN: GEOMETRICA
--------------------------	-----------------	------------------------------------	--------------------------------

CROQUIS 	FOTOGRAFIA PANORAMICA
--------------------	----------------------------------

UBICACIÓN: En el area de descanso de la camineria

ACCESIBILIDAD : Subiendo por la calle Beck Rollo se sube las gradas y camina siguiendo la camineria unos 120m hasta llegar al área de descanso
--

MATERIALIZACIÓN	INSCRIPCIÓN EN LA PLACA	OBSERVACIONES
CLAVO DE ACERO INOXIDABLE	T2	

ELABORADO	SUPERVISADO
J. Lasluisa / J. Meneses	Ing. Ramiro Erazo



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR



REGISTRO
EN EL IGM

Monografía de Punto de Control

No.

PROYECTO: APLICACION PRACTICA TESIS		
ENTIDAD CONTRATANTE:	COD. T3-2022-01	
DÁTUM HORIZONTAL: WGS - 84	NOMBRE DEL PUNTO: T3	ELIPSOIDE: GRS 80
DÁTUM VERTICAL: NIVEL MEDIO MAR	MAREÓGRAFO DE REFERENCIA: LA LIBERTAD	

LOCALIZACION DEL PUNTO

PAÍS	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	SITIO
ECUADOR	PICHINCHA	QUITO	COCHAPAMBA	PARQUE CLUB SANTA FE

CONTROL HORIZONTAL

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENADAS UTM	COORDENADAS PROYECCIÓN LOCAL	FECHA DE DETERMINACIÓN
LATITUD (° ' ") : 0° 09' 50.0885" S	ZONA : 17 S	TIPO DE PROYECCIÓN: TM	25 - 05 - 2022
LONGITUD (° ' ") : 78° 29' 55.7406" O	NORTE (m) : 9 981 865.220	NORTE (m) : 9 981 867.077	ORDEN
ALTURA ELIPSOIDAL (m) : 2 940.523	ESTE (m) : 778 406.974	ESTE (m) : 500 131.767	PRIMARIO
PARÁMETROS PROYECCIÓN LOCAL	FALSO NORTE: 10 000 000	FALSO ESTE : 500 000	FACTOR DE ESCALA: 1.0004584
	LONGITUD MEDIANO CENTRAL : W 78° 30 ' 00 "	LATITUD ORIGEN DE LA PROYECCIÓN :	N 00° 00 ' 00 "

CONTROL VERTICAL

ELEVACIÓN (m): 2 912.917	ORDEN: PRIMARIO	FECHA DE NIVELACIÓN: 29 - 05 - 2022	TIPO DE NIVELACIÓN: GEOMETRICA
--------------------------	-----------------	-------------------------------------	--------------------------------

CROQUIS 	FOTOGRAFIA PANORAMICA
--------------------	----------------------------------

UBICACIÓN: En el extremo de la cancha de basket del parque Club Santa Fe
--

ACCESIBILIDAD : Subiendo por la calle Beck Rollo subir las gradas, continuar por la camineria hasta llegar a la cancha de basket
--

MATERIALIZACIÓN	INSCRIPCIÓN EN LA PLACA	OBSERVACIONES
CLAVO DE ACERO INOXIDABLE	T3	

ELABORADO	SUPERVISADO
J. Lasluisa / J. Meneses	Ing. Ramiro Erazo



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR



REGISTRO
EN EL IGM

Monografía de Punto de Control

No. _____

PROYECTO: APLICACION PRACTICA TESIS		
ENTIDAD CONTRATANTE:	COD.: T4-2022-01	
DÁTUM HORIZONTAL: WGS - 84	NOMBRE DEL PUNTO: T4	ELIPSOIDE: GRS 80
DÁTUM VERTICAL: NIVEL MEDIO MAR	MAREÓGRAFO DE REFERENCIA: LA LIBERTAD	

LOCALIZACION DEL PUNTO

PAÍS	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	SITIO
ECUADOR	PICHINCHA	QUITO	COCHAPAMBA	PARQUE CLUB SANTA FE

CONTROL HORIZONTAL

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENADAS UTM	COORDENADAS PROYECCIÓN LOCAL	FECHA DE DETERMINACIÓN
LATITUD (° ' ") : 0° 09' 49.8523" S	ZONA : 17 S	TIPO DE PROYECCIÓN: TM	25 - 05 - 2022
LONGITUD (° ' ") : 78° 29' 57.3335" O	NORTE (m) : 9 981 872.478	NORTE (m) : 9 981 874.334	ORDEN
ALTURA ELIPSOIDAL (m) : 2 935.305	ESTE (m) : 778 357.711	ESTE (m) : 500 082.490	PRIMARIO
PARÁMETROS PROYECCIÓN LOCAL	FALSO NORTE: 10 000 000	FALSO ESTE : 500 000	FACTOR DE ESCALA: 1.0004584
	LONGITUD MEDIANO CENTRAL : W 78° 30 ' 00 "	LATITUD ORIGEN DE LA PROYECCIÓN :	N 00° 00 ' 00 "

CONTROL VERTICAL

ELEVACIÓN (m): 2 916.386	ORDEN: PRIMARIO	FECHA DE NIVELACIÓN: 29 - 05 - 2022	TIPO DE NIVELACIÓN: GEOMETRICA
--------------------------	-----------------	-------------------------------------	--------------------------------

CROQUIS 	FOTOGRAFIA PANORAMICA
--------------------	----------------------------------

UBICACIÓN:
En el ingreso a los terrenos de la Escuela Politécnica Nacional

ACCESIBILIDAD :
Subiendo por la calle 8 junto al Centro Comercial El Bosque se encuentra el ingreso a la propiedad de la Escuela Politécnica Nacional

MATERIALIZACIÓN	INSCRIPCIÓN EN LA PLACA	OBSERVACIONES
CLAVO DE ACERO INOXIDABLE	T4	

ELABORADO	SUPERVISADO
J. Lasluisa / J. Meneses	Ing. Ramiro Erazo

Aplicación práctica Topografía

Datos del archivo del proyecto

Nombre:
Tamaño:
Modificado/a: 2/6/2022 17:03:37 (UTC:-5)
Zona horaria: Hora est. Pacifico, Sudamérica
Número de referencia:
Descripción:
Comentario 1:
Comentario 2:
Comentario 3:

Sistema de coordenadas

Nombre: Ecuador
Datum: WGS 1984
Zona: SIRES_DMQ_EGM96
Geoide: EGM96 (Global)
Datum vertical:
Obra calibrada:

Lista de puntos

ID	Latitud (Global)	Longitud (Global)	Altura (Global) (Metro)	Código de característica	Factor de escala de proyección	Factor de escala de altura	Factor de escala combinada
QUI1	S0°12'54.56221"	A78°29'36.98920"	2922.3890	QUI1	1.0004584063	0.9995404814	0.9999986770
T1	S0°09'50.15259"	A78°29'54.59899"	2935.3746		1.0004584003	0.9995384405	0.9999966292
T2	S0°09'51.16962"	A78°29'56.57323"	2945.9866		1.0004584001	0.9995367726	0.9999949604
T3	S0°09'50.08853"	A78°29'55.74067"	2940.5285		1.0004584002	0.9995376304	0.9999958187
T4	S0°09'49.85238"	A78°29'57.33353"	2943.9755		1.0004584001	0.9995370887	0.9999952766

2/6/2022 19:01:31

Trimble Business Center

Aplicación práctica Topografía

Datos del archivo del proyecto

Nombre:
Tamaño:
Modificado/a: 2/6/2022 17:03:37 (UTC:-5)
Zona horaria: Hora est. Pacifico, Sudamérica
Número de referencia:
Descripción:
Comentario 1:
Comentario 2:
Comentario 3:

Sistema de coordenadas

Nombre: Ecuador
Datum: WGS 1984
Zona: SIRES_DMQ_EGM96
Geoide: EGM96 (Global)
Datum vertical:
Obra calibrada:

Lista de puntos

ID	Norte (Metro)	Este (Metro)	Elevación (Metro)	Código de característica	Factor de escala de proyección	Factor de escala de altura	Factor de escala combinada
QUI1	9976198.3554	500711.8631	2896.6789	QUI1	1.0004584063	0.9995404814	0.9999986770
T1	9981865.1084	500167.0862	2909.8155		1.0004584003	0.9995384405	0.9999966292
T2	9981833.8557	500106.0110	2920.4288		1.0004584001	0.9995367726	0.9999949604
T3	9981867.0769	500131.7672	2914.9706		1.0004584002	0.9995376304	0.9999958187
T4	9981874.3335	500082.4903	2918.4195		1.0004584001	0.9995370887	0.9999952766

2/6/2022 18:54:33

Trimble Business Center

Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:	F:\Datos Javi\Post-proceso\Tesis.vce	Nombre:	Ecuador
Tamaño:	97 KB	Datum:	SIRGAS_EC
Modificado/a:	30/5/2022 6:17:24 (UTC:-5)	Zona:	SIRGAS_17S_EGM08
Zona horaria:	Hora est. Pacifico, Sudamérica	Geoide:	EGM 2008 Ecuador
Número de referencia:		Datum vertical:	
Descripción:		Obra calibrada:	
Comentario 1:			
Comentario 2:			
Comentario 3:			

Lista de puntos

ID	Norte (Metro)	Este (Metro)	Elevación (Metro)	Código de característica	Factor de escala de proyección	Factor de escala de altura	Factor de escala combinada
QUI1	9976195.852	778986.302	2895.541	QUI1	1.0005636304	0.9995404814	1.0001038528
T1	9981863.262	778442.284	2908.406		1.0005598754	0.9995384352	1.0000980521
T2	9981832.025	778381.176	2919.065		1.0005594541	0.9995367596	1.0000959546
T3	9981865.220	778406.974	2913.511		1.0005596319	0.9995376326	1.0000970058
T4	9981872.478	778357.711	2916.941		1.0005592923	0.9995370932	1.0000961266

2/6/2022 19:37:56	F:\Datos Javi\Post-proceso\Tesis.vce	Trimble Business Center
-------------------	--------------------------------------	-------------------------

Informe de Calidad de Puntos

Informe creado: 03/06/2022 13:32:50

Detalles del proyecto

General

Nombre del proyecto: Aplicación Práctica Tesis
Propietario: -
Jefe de Topografía: -
Fecha de Creación: 03/06/2022 12:11:19
Último Acceso: 03/06/2022 12:11:20
Software aplicación: Infinity 3.0

Información del cliente

Nombre del cliente: PUCE
Persona de contacto: -
Número: -
Email: -
Skype: -
Website: -

Sistema de Coordenadas

Principal
Nombre de Sistema de Coordenadas: WGS84_QUITO
Tipo de Transformación: Clásica 3D
Distribución de Residuos: Ninguno
Elipsoide: WGS 1984
Tipo de Proyección: Transversa de Mercator
Modelo de Geoide: EGM08ec
Modelo CSCS: -

Ruta: D:\Proyecto GPS\PARQUE DE LA MUJER\Aplicación Práctica Tesis\Aplicación Práctica Tesis.iprj
Tamaño: 105.4 MB
Comentarios: -

Resumen

#	Punto Id	Clase de Punto	Coordenada Y [m]	Coordenada X [m]	Altura Ortom. [m]	Altura Elips. [m]	Código	Inclinación (Tilt) [°]	CQ 3D [m]	2D CQ [m]	1D CQ [m]	Fecha/Hora
1	QUI1	Control	9 976 198.3557	500 711.8630	2 895.5989	2 922.3890		-	-	-	-	03/06/2022 13:16:10
2	T1	Ajustado por MMCC en 3D	9 981 865.0941	500 167.0906	2 908.3540	2 935.3045		-	0.0054	0.0026	0.0048	03/06/2022 13:30:08
3	T2	Ajustado por MMCC en 3D	9 981 833.8441	500 106.0067	2 919.0475	2 945.9995		-	0.0082	0.0039	0.0072	03/06/2022 13:30:08
4	T3	Ajustado por MMCC en 3D	9 981 867.0555	500 131.7692	2 913.5711	2 940.5230		-	0.0065	0.0032	0.0057	03/06/2022 13:30:08
5	T4	Ajustado por MMCC en 3D	9 981 874.3142	500 082.4994	2 917.0223	2 943.9763		-	0.0092	0.0048	0.0079	03/06/2022 13:30:08

Resumen de Puntos Promediados

Distancia máx. entre el promedio y la medición.:

Posición: 0.1000 m
Elips.: 0.1000 m
Promedio Ponderado: Sí

#	Punto Id	Coordenada Y [m]	Coordenada X [m]	Altura Ortom. [m]	Dist. Geom. Coordenada Y [m]	Dist. Geom. Coordenada X [m]	Dist. Geom. Altura [m]	Código	Grupo de Códigos	Atributos de Código	Fecha/Hora
1	T1	9 981 865.0938	500 167.0899	2 908.3528	0.0021	0.0020	0.0140	-	-	-	26/05/2022 17:15:11
	Usar	Fuente	Estación	Fecha/Hora	CQ 3D [m]	ΔPos. [m]	ΔAlt [m]	ΔPos. y Altura [m]	Coordenada Y [m]	Coordenada X [m]	Altura Ortom. [m]
	Auto	3D	T2	26/05/2022 17:15:11	0.0006	0.0047	-0.0404	0.0406	9 981 865.0982	500 167.0884	2 908.3932
	Auto	3D	T3	26/05/2022 17:15:11	0.0008	0.0084	0.0047	0.0097	9 981 865.0981	500 167.0972	2 908.3481
	Auto	3D	QUI1	26/05/2022 17:15:11	0.0003	0.0022	0.0104	0.0107	9 981 865.0918	500 167.0890	2 908.3424

	Auto	3D	T4	26/05/2022 17:15:11	0.0055	0.0634	0.0869	0.1076	9 981 865.0390	500 167.1219	2 908.2660
--	------	----	----	------------------------	--------	--------	--------	--------	----------------	--------------	------------

#	Punto Id	Coordenada Y [m]	Coordenada X [m]	Altura Ortom. [m]	Dist. Geom. Coordenada Y [m]	Dist. Geom. Coordenada X [m]	Dist. Geom. Altura [m]	Código	Grupo de Códigos	Atributos de Código	Fecha/Hora
2	T2	9 981 833.8478	500 106.0066	2 919.0746	0.0002	0.0003	0.0007	-	-	-	26/05/2022 17:16:50
	Usar	Fuente	Estación	Fecha/Hora	CQ 3D [m]	ΔPos. [m]	ΔAlt [m]	ΔPos. y Altura [m]	Coordenada Y [m]	Coordenada X [m]	Altura Ortom. [m]
	Auto	3D	QUI1	26/05/2022 17:16:50	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000	9 981 833.8478	500 106.0066	2 919.0746

#	Punto Id	Coordenada Y [m]	Coordenada X [m]	Altura Ortom. [m]	Dist. Geom. Coordenada Y [m]	Dist. Geom. Coordenada X [m]	Dist. Geom. Altura [m]	Código	Grupo de Códigos	Atributos de Código	Fecha/Hora
3	T3	9 981 867.0533	500 131.7688	2 913.5591	0.0002	0.0002	0.0005	-	-	-	26/05/2022 17:20:56
	Usar	Fuente	Estación	Fecha/Hora	CQ 3D [m]	ΔPos. [m]	ΔAlt [m]	ΔPos. y Altura [m]	Coordenada Y [m]	Coordenada X [m]	Altura Ortom. [m]
	Auto	3D	T2	26/05/2022 17:16:50	0.0010	0.0151	-0.0537	0.0557	9 981 867.0668	500 131.7756	2 913.6127
	Auto	3D	QUI1	26/05/2022 17:20:56	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	9 981 867.0533	500 131.7688	2 913.5591

#	Punto Id	Coordenada Y [m]	Coordenada X [m]	Altura Ortom. [m]	Dist. Geom. Coordenada Y [m]	Dist. Geom. Coordenada X [m]	Dist. Geom. Altura [m]	Código	Grupo de Códigos	Atributos de Código	Fecha/Hora
4	T4	9 981 874.3144	500 082.5015	2 917.0155	0.0015	0.0042	0.0103	-	-	-	26/05/2022 17:22:48
	Usar	Fuente	Estación	Fecha/Hora	CQ 3D [m]	ΔPos. [m]	ΔAlt [m]	ΔPos. y Altura [m]	Coordenada Y [m]	Coordenada X [m]	Altura Ortom. [m]
	Auto	3D	T3	26/05/2022 17:20:56	0.0008	0.0053	0.0076	0.0093	9 981 874.3120	500 082.4968	2 917.0079
	Auto	3D	QUI1	26/05/2022 17:22:48	0.0009	0.0039	-0.0141	0.0146	9 981 874.3154	500 082.5053	2 917.0295

2

POLIGONAL DE PRECISIÓN Y NIVELACIÓN

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

Monografía de Punto de Control Geodésico



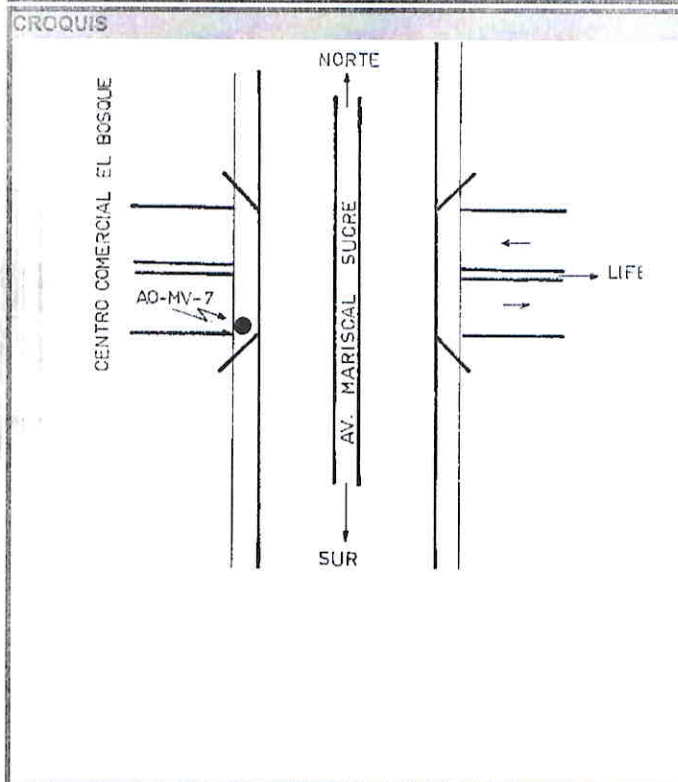
Entidad Ejecutora:	Registro en el IGM:	8207
Proyecto: RED SIRGAS	Nombre del Punto: AO-MV-7	Código del Punto: 1701040016

LOCALIZACIÓN DEL PUNTO				
País: ECUADOR	Provincia: PICHINCHA	Cantón: QUITO	Parroquia: COCHAPAMBA	Sitio: SOBRE BASE DE CEMENTO

CONTROL HORIZONTAL			
Datum Horizontal:	Epoca de referencia:	Orden:	
Coordenadas Geográficas:	Coordenadas UTM:		
Latitud (° ' "):	Zona:	Fecha de determinación:	
Longitud (° ' "):	Norte (m):		
Altura Elipsoidal (m):	Este (m):		

CONTROL VERTICAL:			
Datum Vertical:	NIVEL MEDIO DEL MAR	Mareógrafo:	LA LIBERTAD
Línea Nivelación: AVENIDA OCCIDENTAL	Código de la Línea: AO-MV	Fecha de determinación: 20-09-2008	Coordenadas UTM Aprox.
Elevación (m): 2867.7250	Tipo Nivelación: GEOMETRICA	Orden: PRIMERO	Zona: 17 S
			Norte (m): 9982145
			Este (m): 778739

GRAVIMETRÍA:			
Datum Gravimétrico:	Valor de Gravedad (mGal):	Orden:	Fecha de determinación:



UBICACIÓN
La placa se encuentra empotrada sobre base de cemento, en la esquina sur del puente, frente al Bosque. El punto anterior se encuentra a 2.01 Km. de distancia.

PLACA

ACCESIBILIDAD
A lo largo de la Av. Mariscal Sucre, entre La Gasca y San Carlos. Partiendo de la placa IX-L3-4B-AJ en el puente de Guajaló. La marca esta a 19.15 Km y la marca esta al W de la ruta a 0.30 m. de su eje de vía. 0,00 cm del Terreno.

INSCRIPCIÓN EN LA PLACA	
INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR - SE PROHIBE DESTRUIR PROYECTO PLACA AO-MV-7:1995 QUITO - ECUADOR	
MATERIALIZACION	ESTADO
PLACA	BUENO
	Fecha de Última Visita: 20-09-2008

OBSERVACIONES

Elaborado por:	Ingresado:	Supervisado:
JARAMILLO EDUARDO		CHAUCA SANTOS SEGUNDO LEONARDO

APLICACIÓN PRÁCTICA TESIS

NIVELACION PROCESADA				
LECTURA ATRÁS	LECTURA INTERMEDIA	LECTURA ADELANTE	COTA	OBSERVACIONES
1.227			2867.725	AO-MV-7
2.110		0.788	2868.164	
1.985		0.319	2869.954	
1.983		0.762	2871.177	
2.219		0.537	2872.623	
2.295		0.101	2874.741	
2.287		0.389	2876.648	
2.297		0.362	2878.572	
2.617		1.198	2879.671	BM1
3.010		0.309	2881.979	
2.952		0.180	2884.809	
2.995		0.807	2886.954	
3.145		0.692	2889.258	
2.718		0.703	2891.699	
3.184		0.538	2893.879	
2.993		0.293	2896.770	
3.277		0.169	2899.595	
2.995		0.514	2902.357	
2.992		0.265	2905.087	
2.753		0.301	2907.778	T1
1.582		0.560	2909.971	
2.469		0.452	2911.101	
1.576		0.653	2912.917	T3
1.387		0.372	2914.121	
1.469		0.462	2915.046	
1.652		0.723	2915.792	
1.762		0.551	2916.893	
0.402		0.253	2918.402	T2
0.752		1.432	2917.372	
		1.738	2916.386	T4

3

FOTOGRAMETRÍA

- !** **Important:** Click on the different icons for:
- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
 - i** Additional information about the sections

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

Summary i

Project	Tesis 80
Processed	2022-06-10 00:20:20
Camera Model Name(s)	FC7203_4.5_4000x2250 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	2.79 cm / 1.10 in
Area Covered	0.043 km ² / 4.3248 ha / 0.02 sq. mi. / 10.6923 acres

Quality Check i

? Images	median of 29489 keypoints per image	✓
? Dataset	79 out of 79 images calibrated (100%), all images enabled	✓
? Camera Optimization	0.9% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
? Matching	median of 10498.2 matches per calibrated image	✓
? Georeferencing	yes, 4 GCPs (4 3D), mean RMS error = 0.027 m	✓

? Preview i

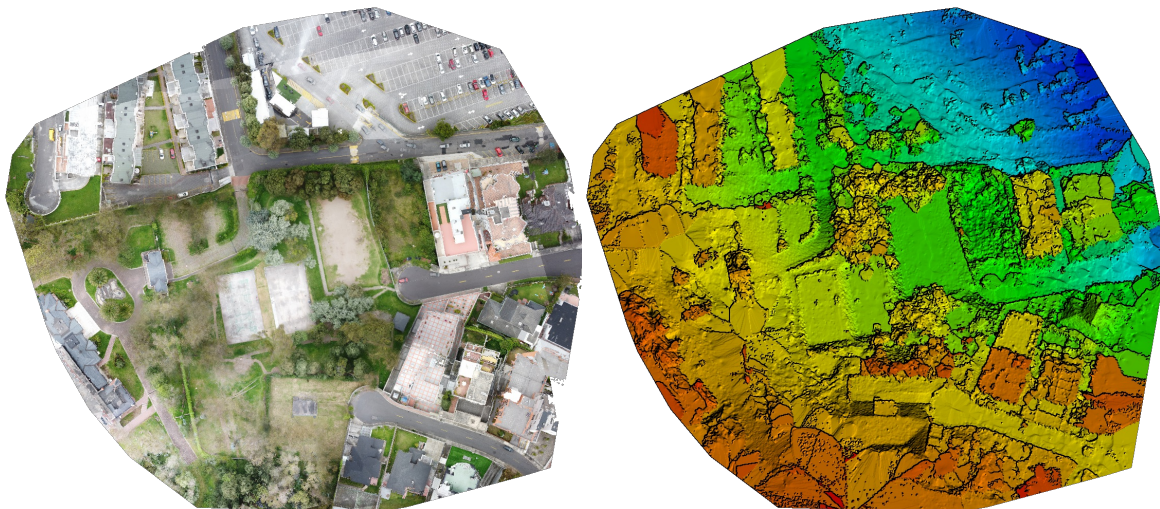


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details i

Number of Calibrated Images	79 out of 79
Number of Geolocated Images	79 out of 79

? Initial Image Positions

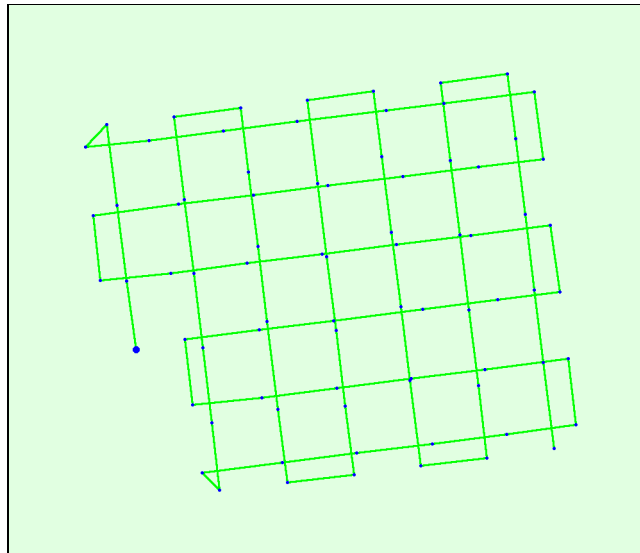
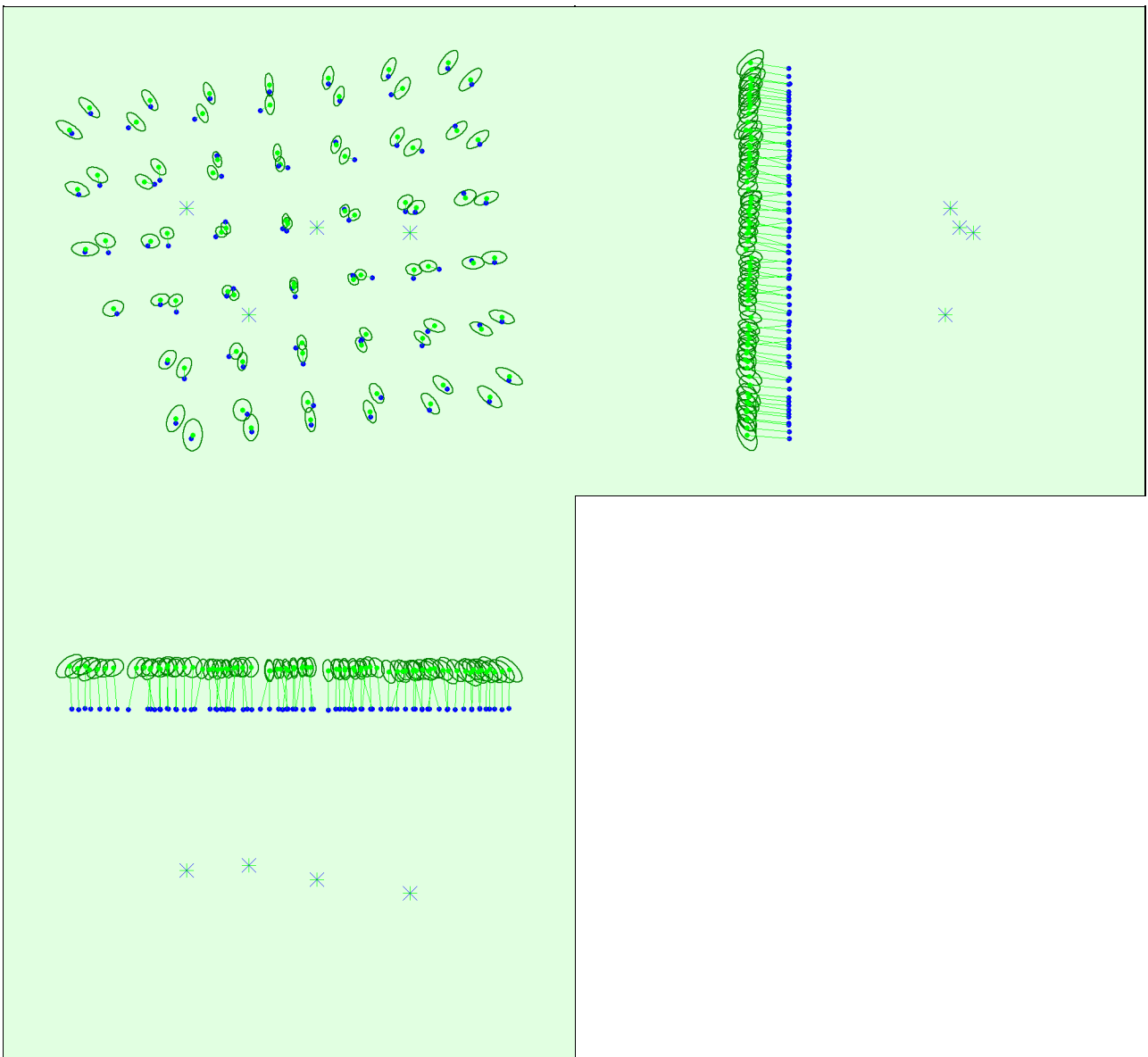


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

? Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



Uncertainty ellipses 100x magnified

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

Absolute camera position and orientation uncertainties

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.030	0.032	0.038	0.024	0.021	0.005
Sigma	0.010	0.008	0.004	0.007	0.007	0.001

Overlap

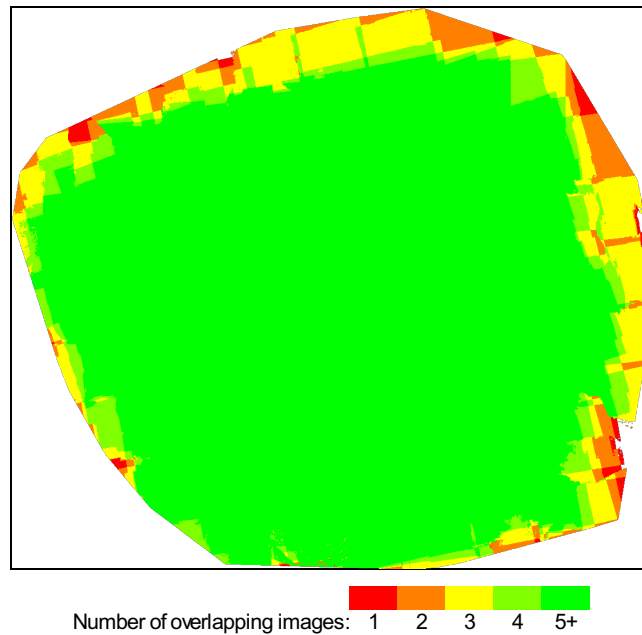


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint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

Bundle Block Adjustment Details

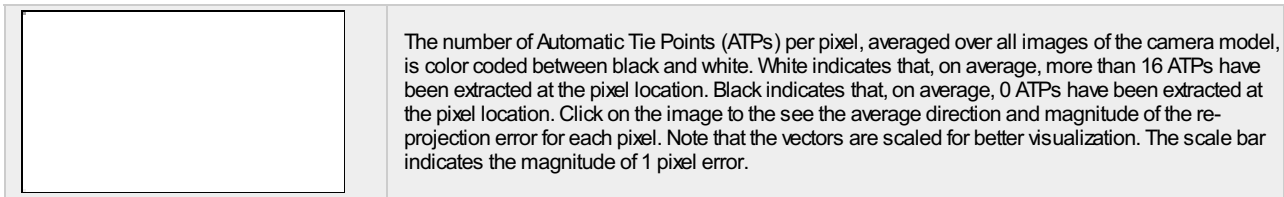
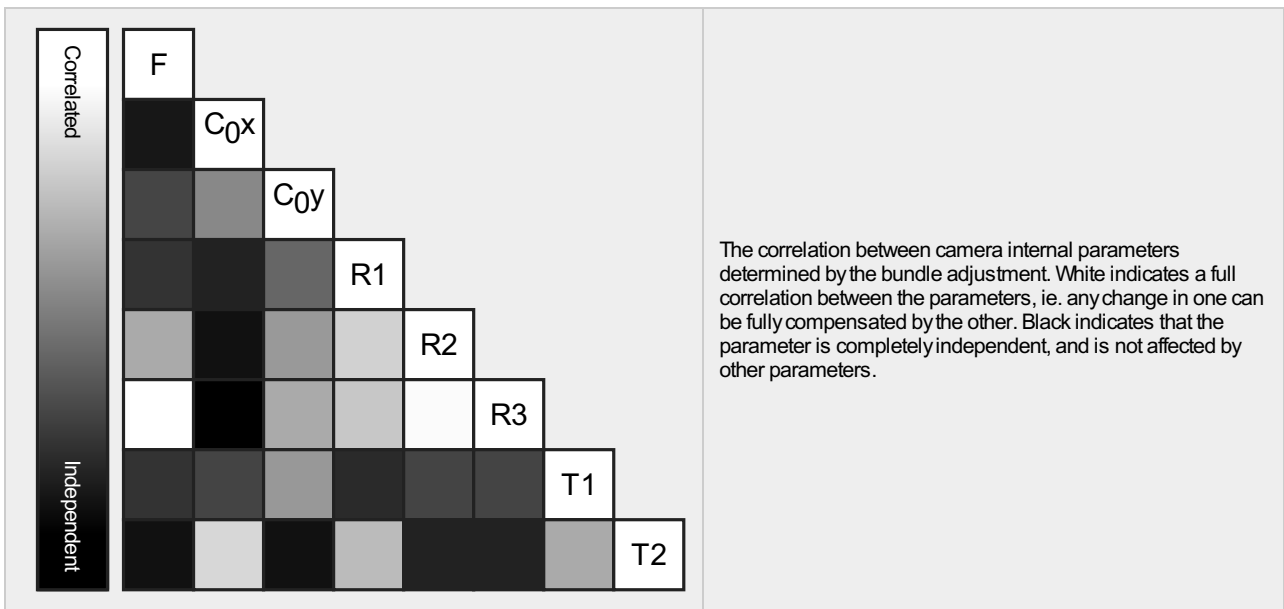
Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	803198
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	238753
Mean Reprojection Error [pixels]	0.251

Internal Camera Parameters

FC7203_4.5_4000x2250 (RGB). Sensor Dimensions: 6.548 [mm] x 3.683 [mm]

EXIF ID: FC7203_4.5_4000x2250

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	2742.857 [pixel] 4.490 [mm]	2000.000 [pixel] 3.274 [mm]	1125.000 [pixel] 1.842 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Optimized Values	2767.559 [pixel] 4.530 [mm]	1987.975 [pixel] 3.254 [mm]	1136.609 [pixel] 1.861 [mm]	0.005	-0.036	0.035	-0.000	-0.000
Uncertainties (Sigma)	1.177 [pixel] 0.002 [mm]	0.211 [pixel] 0.000 [mm]	0.151 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000



2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	29489	10498
Min	20290	1966
Max	45057	17062
Mean	30567	10167

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	146679
In 3 Images	33973
In 4 Images	17146
In 5 Images	10703
In 6 Images	7459
In 7 Images	5362
In 8 Images	3679
In 9 Images	2769
In 10 Images	2209
In 11 Images	1847
In 12 Images	1560
In 13 Images	1086
In 14 Images	969
In 15 Images	731
In 16 Images	538
In 17 Images	416
In 18 Images	463
In 19 Images	294
In 20 Images	198
In 21 Images	147
In 22 Images	111
In 23 Images	110
In 24 Images	103

In 25 Images	61
In 26 Images	63
In 27 Images	32
In 28 Images	25
In 29 Images	13
In 30 Images	7

2D Keypoint Matches

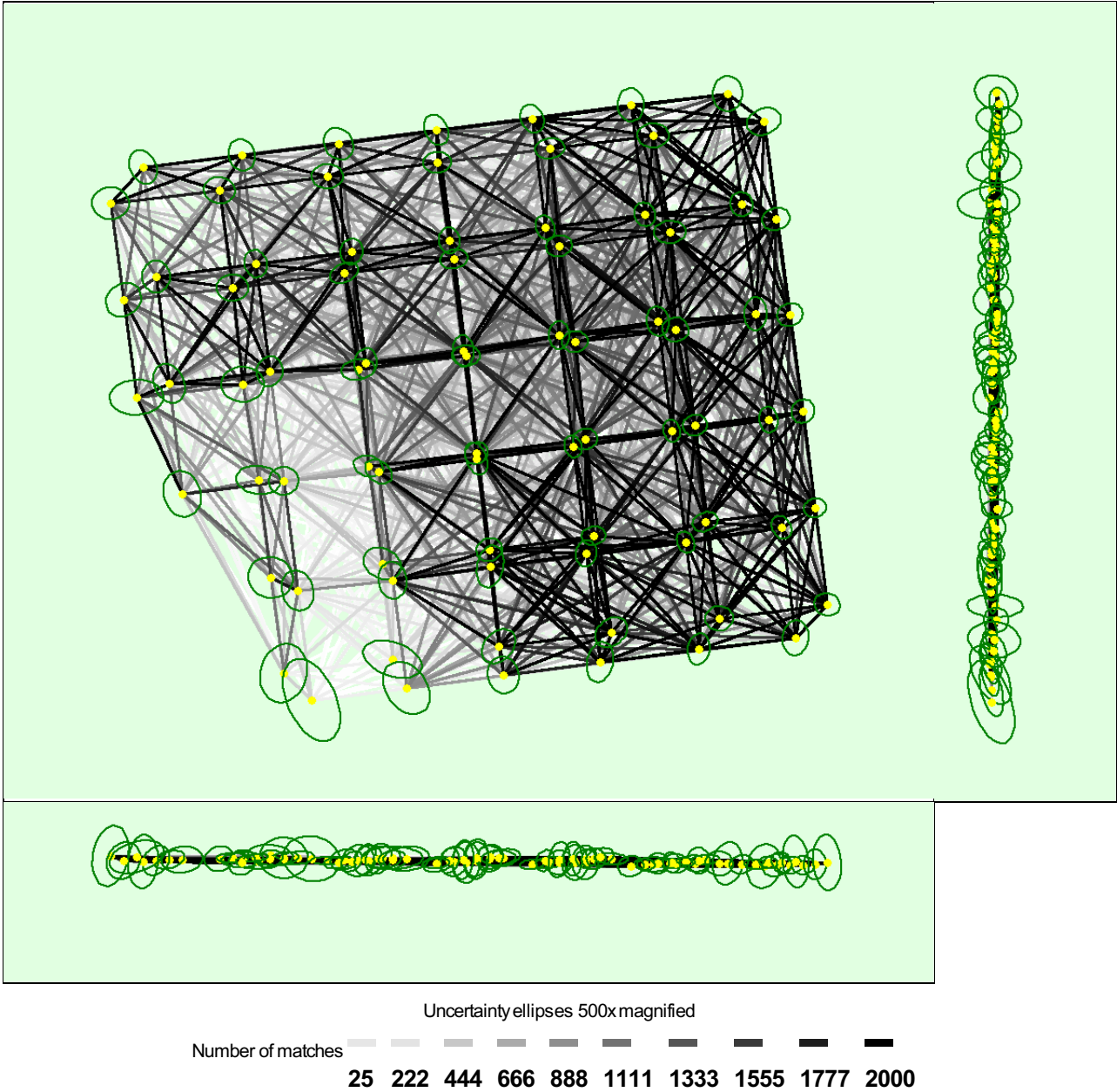


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty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

Relative camera position and orientation uncertainties

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.007	0.007	0.006	0.012	0.012	0.002
Sigma	0.002	0.002	0.003	0.006	0.005	0.001

Geolocation Details



Ground Control Points



GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
GCP1 (3D)	0.020/ 0.020	0.017	0.009	-0.056	0.891	24 / 24
GCP2 (3D)	0.020/ 0.020	-0.025	0.001	-0.002	0.762	17 / 17
GCP3 (3D)	0.020/ 0.020	-0.007	-0.000	0.075	1.009	24 / 24
GCP4 (3D)	0.020/ 0.020	0.023	-0.015	-0.063	1.020	14 / 14
Mean [m]		0.001756	-0.001374	-0.011737		
Sigma [m]		0.019149	0.008893	0.055359		
RMS Error [m]		0.019229	0.008998	0.056590		

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

Absolute Geolocation Variance



Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.00	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.00	0.00	0.00
-9.00	-6.00	0.00	0.00	0.00
-6.00	-3.00	3.80	3.80	0.00
-3.00	0.00	51.90	58.23	53.16
0.00	3.00	36.71	27.85	46.84
3.00	6.00	7.59	10.13	0.00
6.00	9.00	0.00	0.00	0.00
9.00	12.00	0.00	0.00	0.00
12.00	15.00	0.00	0.00	0.00
15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		0.044466	-1.704746	-15.140538
Sigma [m]		1.596430	1.621590	0.604121
RMS Error [m]		1.597049	2.352810	15.152586

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

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	0.044466	-1.704746	-15.140538

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance



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

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

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	1.166
Phi	1.197
Kappa	103.938

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

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-10750H CPU @2.60GHz RAM: 32GB GPU: Intel(R) UHD Graphics (Driver: 27.20.100.9664), NVIDIA GeForce GTX 1660 Ti (Driver: 30.0.14.7219)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS 84 (EGM96 Geoid)
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	SIRES-DMQ (EGM96 Geoid)
Output Coordinate System	SIRES-DMQ (EGM96 Geoid)

Processing Options

Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: yes
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All prior External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details

Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	4
3D Textured Mesh Generation	no
LOD	Generated: no
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	02m:34s
Time for Point Cloud Classification	26s
Time for 3D Textured Mesh Generation	NA

Results

Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	2777751

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (2.79 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: yes Google Maps Tiles and KML: no
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (2.79 [cm/pixel])
Time for DSM Generation	01m:42s
Time for Orthomosaic Generation	04m:27s
Time for DTM Generation	01m:22s
Time for Contour Lines Generation	00s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s

4

TOPOGRAFIA

DATOS DE CAMPO

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	CODIGO
1	9981865.102	500167.091	2907.778	1
2	9981865.992	500172.229	2906.999	PU
3	9981866.258	500169.376	2907.736	CA
4	9981864.689	500168.571	2907.721	CA
5	9981862.928	500155.383	2907.948	CA
6	9981864.733	500156.569	2907.871	CA
7	9981863.345	500145.307	2907.915	CA
8	9981861.484	500145.583	2907.982	CA
9	9981873.642	500141.867	2907.969	CA
10	9981872.837	500140.125	2908.015	CA
11	9981861.159	500142.495	2908.071	CA
12	9981880.068	500138.610	2907.958	CA
13	9981880.872	500140.360	2907.918	CA
14	9981908.762	500160.831	2906.894	CE
15	9981894.075	500163.044	2907.782	CE
16	9981908.482	500159.297	2907.774	T
17	9981910.029	500155.185	2907.976	MA
18	9981910.856	500141.415	2908.074	MA
19	9981910.765	500132.434	2908.186	MA
20	9981904.203	500114.032	2910.540	CM
21	9981899.797	500118.624	2910.803	CM
22	9981890.751	500119.377	2911.992	CM
23	9981889.416	500114.825	2912.203	CM
24	9981881.252	500112.919	2913.626	CM
25	9981878.696	500117.352	2913.464	CM
26	9981873.866	500112.031	2914.748	CM
27	9981875.760	500102.175	2914.898	CM
28	9981871.129	500101.129	2914.991	CM
29	9981872.183	500090.667	2915.229	CM
30	9981868.277	500091.330	2915.174	CM
31	9981870.738	500087.091	2915.902	CM
32	9981874.304	500082.491	2916.386	T4
33	9981869.064	500077.164	2917.151	V
34	9981876.121	500076.574	2917.101	V
35	9981875.442	500072.778	2917.283	CE
36	9981869.845	500073.731	2917.229	CE
37	9981861.722	500074.616	2917.175	CE
38	9981851.791	500076.534	2917.556	CE
39	9981835.353	500079.666	2919.666	CE
40	9981843.008	500086.730	2917.892	P6
41	9981821.157	500082.494	2921.748	CE
42	9981821.094	500086.580	2921.636	P4
43	9981807.534	500085.042	2926.036	CE
44	9981796.783	500087.095	2929.853	CE
45	9981792.321	500089.495	2931.183	CE
46	9981791.150	500091.624	2931.378	CE
47	9981790.940	500098.486	2931.274	CE
48	9981790.824	500108.210	2930.670	CE
49	9981794.337	500100.301	2929.949	T

DATOS DE CAMPO

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	CODIGO
50	9981800.473	500099.386	2927.524	T
51	9981806.405	500098.076	2925.387	T
52	9981816.611	500097.258	2921.976	T
53	9981829.262	500100.615	2918.996	T
54	9981824.897	500103.100	2919.823	T
55	9981824.479	500107.840	2919.805	T
56	9981827.145	500113.534	2919.908	T
57	9981829.645	500117.811	2919.803	P3
58	9981826.762	500118.063	2919.864	MA
59	9981827.047	500136.740	2919.702	MA
60	9981831.372	500122.403	2919.725	T
61	9981830.486	500118.092	2919.709	T
62	9981831.011	500116.041	2919.131	CA
63	9981829.472	500114.864	2919.413	CA
64	9981834.227	500112.618	2918.359	CA
65	9981832.502	500111.863	2918.399	CA
66	9981826.670	500108.905	2918.420	CA
67	9981827.098	500104.389	2918.457	CA
68	9981832.450	500102.959	2918.421	CA
69	9981833.841	500106.025	2918.402	T2
70	9981834.191	500102.030	2918.474	CA
71	9981833.913	500098.154	2918.540	CA
72	9981832.524	500096.860	2918.637	CA
73	9981844.137	500095.033	2916.845	CA
74	9981844.466	500096.479	2916.712	CA
75	9981858.993	500093.038	2915.189	CA
76	9981859.505	500095.803	2915.186	CA
77	9981865.958	500090.551	2915.418	CA
78	9981866.718	500093.421	2915.155	CA
79	9981869.386	500094.869	2915.140	CN
80	9981872.389	500111.364	2915.131	CN
81	9981839.900	500100.259	2915.143	CN
82	9981843.028	500116.899	2915.103	CN
83	9981843.380	500118.367	2915.040	T
84	9981841.543	500121.827	2915.414	T
85	9981842.922	500127.570	2914.801	T
86	9981843.833	500135.259	2913.952	T
87	9981843.943	500136.840	2913.784	P3
88	9981847.010	500138.208	2912.939	CN
89	9981843.929	500121.834	2912.981	CN
90	9981876.344	500132.999	2912.902	CN
91	9981873.340	500116.478	2912.919	CN
92	9981890.572	500122.208	2912.530	T
93	9981897.977	500122.543	2912.561	T
94	9981896.361	500126.788	2912.545	T
95	9981890.205	500129.308	2912.470	T
96	9981880.179	500132.498	2912.556	T
97	9981870.261	500134.617	2912.584	T
98	9981856.347	500139.754	2912.174	T

DATOS DE CAMPO

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	CODIGO
99	9981855.856	500149.018	2911.496	T
100	9981855.751	500151.550	2911.249	T
101	9981852.391	500153.422	2911.076	T
102	9981847.202	500160.026	2911.191	T
103	9981846.590	500166.238	2910.951	T
104	9981847.557	500167.352	2910.208	CA
105	9981849.260	500158.762	2910.316	CA
106	9981853.157	500157.521	2910.232	CA
107	9981854.240	500158.519	2910.221	CA
108	9981855.693	500157.524	2910.185	CA
109	9981856.517	500155.441	2910.237	CA
110	9981846.906	500171.201	2910.677	CA
111	9981845.146	500172.577	2910.857	CA
112	9981839.558	500161.972	2912.848	P2
113	9981841.797	500145.502	2913.576	CA
114	9981843.371	500145.164	2913.585	CA
115	9981842.992	500139.972	2913.680	CA
116	9981841.352	500140.452	2913.680	CA
117	9981839.696	500130.613	2915.110	CA
118	9981841.233	500130.384	2915.041	CA
119	9981839.397	500120.481	2916.453	CA
120	9981837.775	500120.314	2916.725	CA
121	9981831.948	500145.299	2919.276	T
122	9981830.022	500159.619	2919.483	T
123	9981826.839	500165.883	2919.690	CA
124	9981825.845	500163.783	2919.778	MALLA
125	9981826.762	500170.376	2919.984	CE
126	9981824.352	500169.263	2919.998	CE
127	9981832.434	500165.934	2916.670	T
128	9981832.476	500165.811	2916.734	T
129	9981839.707	500176.234	2911.875	CE
130	9981847.406	500179.784	2910.335	CE
131	9981846.372	500176.133	2910.343	CS
132	9981853.204	500175.407	2910.303	CS
133	9981847.784	500172.961	2910.342	CS
134	9981855.425	500172.924	2910.081	PI
135	9981854.608	500175.521	2909.990	T
136	9981857.446	500165.033	2910.142	T
137	9981861.080	500166.141	2908.374	CA
138	9981862.718	500165.929	2908.236	CA
139	9981862.089	500173.663	2906.965	CE
140	9981858.244	500177.615	2907.170	CE
141	9981839.550	500165.130	2912.291	CA
142	9981841.208	500164.965	2912.299	CA
143	9981865.102	500167.083	2907.778	T1
144	9981867.055	500131.777	2912.917	T3

5

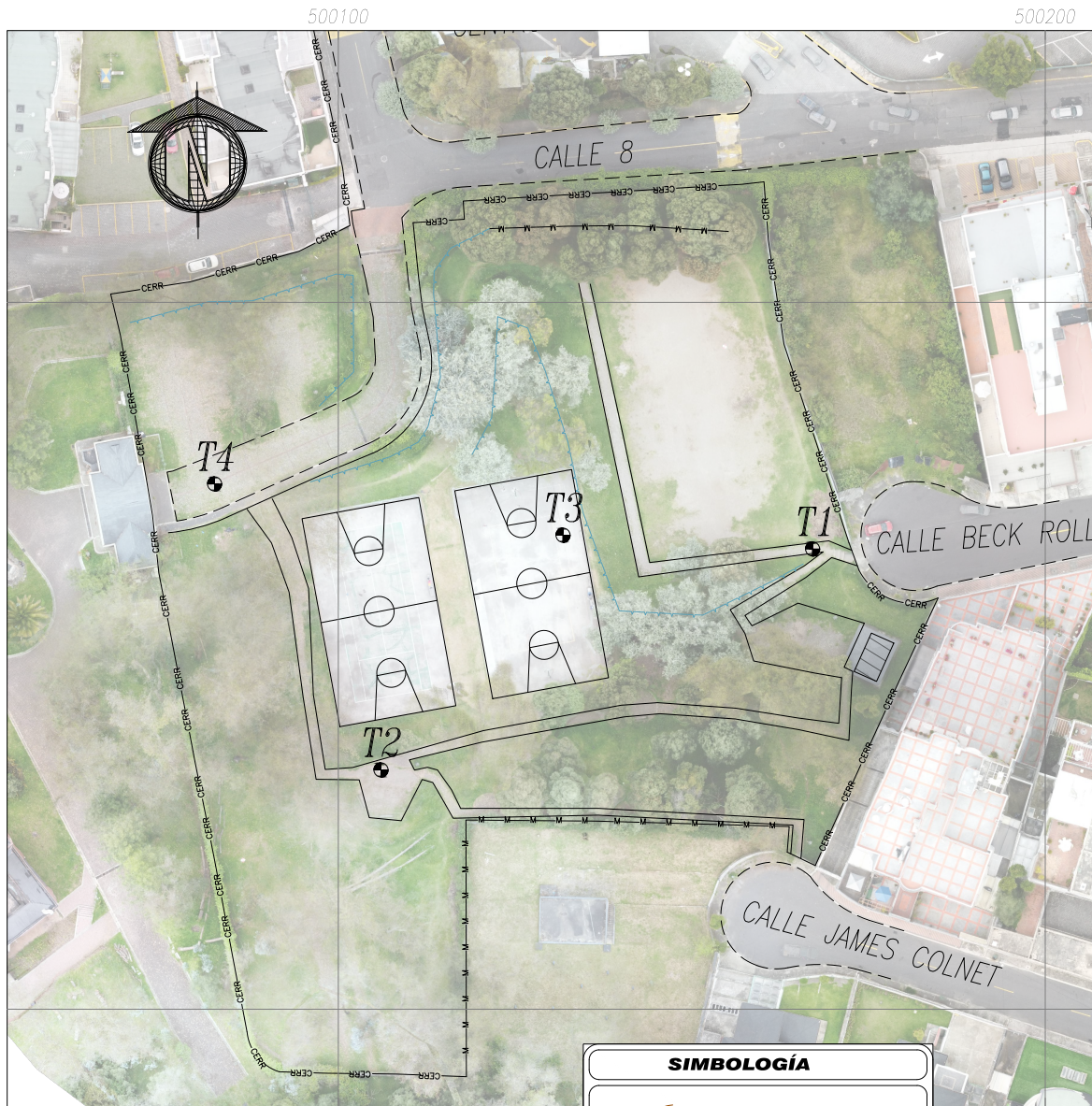
REPLANTEO

APLICACIÓN PRÁCTICA TESIS

DATOS DE REPLANTEO			
ABSCISA	NORTE	ESTE	OBSERVACIONES
0+000.000	9981864.89	500080.20	INICIO
0+006.619	9981858.27	500080.35	PC
0+010.000	9981854.90	500080.62	
0+020.000	9981845.40	500083.59	
0+030.000	9981837.39	500089.49	
0+040.000	9981831.76	500097.70	
0+050.000	9981829.12	500107.30	
0+052.129	9981829.98	500109.42	PT
0+060.000	9981828.73	500117.29	
0+070.000	9981828.42	500127.28	
0+080.000	9981828.12	500137.28	
0+090.000	9981827.81	500147.27	
0+100.000	9981827.50	500157.27	
0+107.374	9981827.27	500164.64	FIN

6

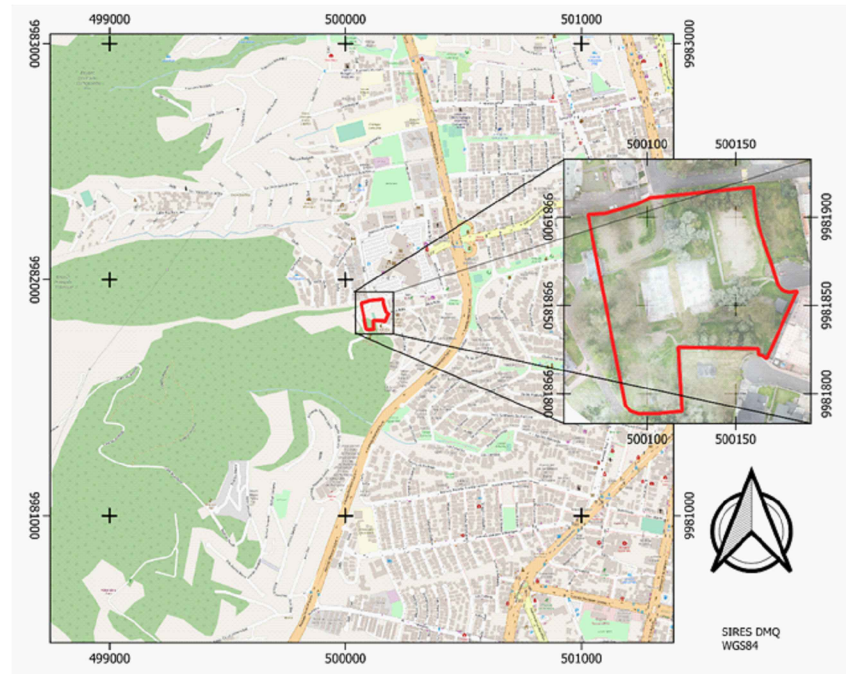
PLANOS



ORTOMOSAICO DEL PROYECTO

ESCALA 1: 1000

SIMBOLOGÍA			
	CURVA DE NIVEL CADA 5m		CASA DE BLOQUE
	CURVA DE NIVEL CADA 1m		CASA DE HORMIGON
	CALLE		PUNTO DE CONTROL
	BORDE SUPERIOR		CORTE
	CERRAMIENTO		RELLENO
	MALLA		



UBICACION

ESCALA 1: S/E

CUADRO DE COORDENADAS

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION
T1	9981865.108	500167.086	2907.778
T2	9981833.856	500106.011	2918.402
T3	9981867.077	500131.767	2912.917
T4	9981874.334	500082.490	2916.386

SISTEMA COORDENADAS TM QUITO WGS84 ZONA 17S

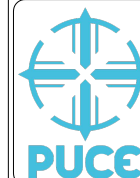
PARQUE CLUB SANTA FE

CONTIENE:

ORTOMOSAICO DEL PROYECTO

REALIZO:

LUIS JAVIER LASLUISA



DIRECCION:

PROVINCIA: PICHINCHA - CANTON: QUITO
PARROQUIA: COCHAPAMBA - SECTOR: EL BOSQUE

REVISO:

ING. RAMIRO ERAZO

JENNIFER FERNANDA MENESES

GEOLAVE:

N. DE PREDIO:

ESCALA:

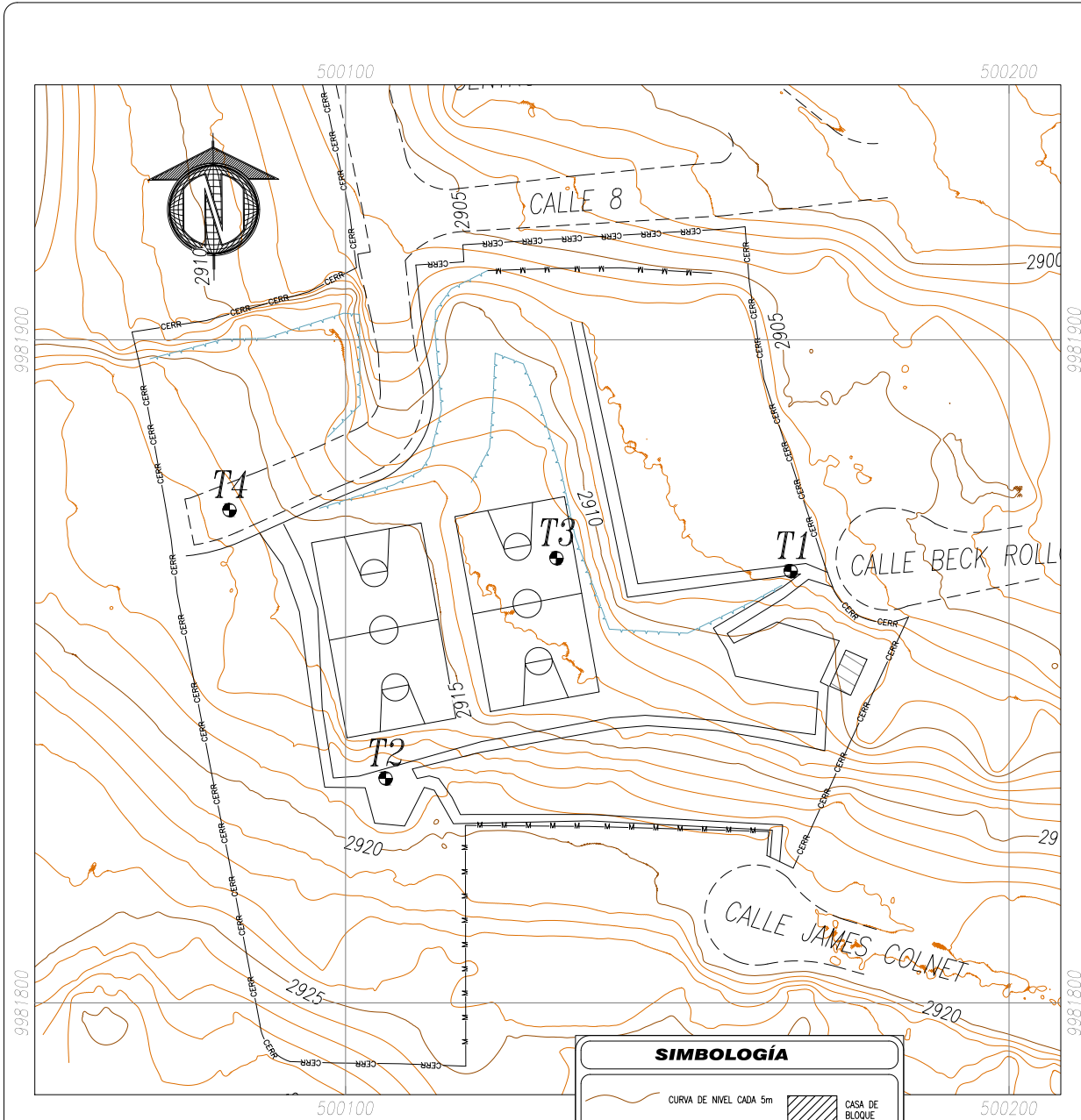
INDICADAS

FECHA:

JUNIO 2022

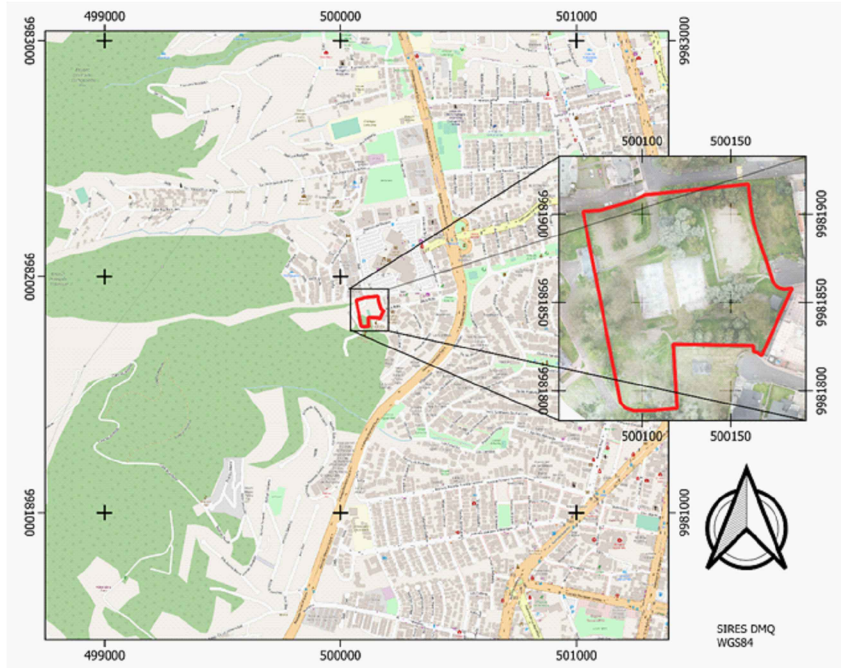
LAMINA:

1-1



LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO
 ESCALA 1: 1000

SIMBOLOGÍA			
	CURVA DE NIVEL CADA 5m		CASA DE BLOQUE
	CURVA DE NIVEL CADA 1m		CASA DE HORMIGON
	CALLE		PUNTO DE CONTROL
	BORDE SUPERIOR		CORTE
	CERRAMIENTO		RELLENO
	MALLA		



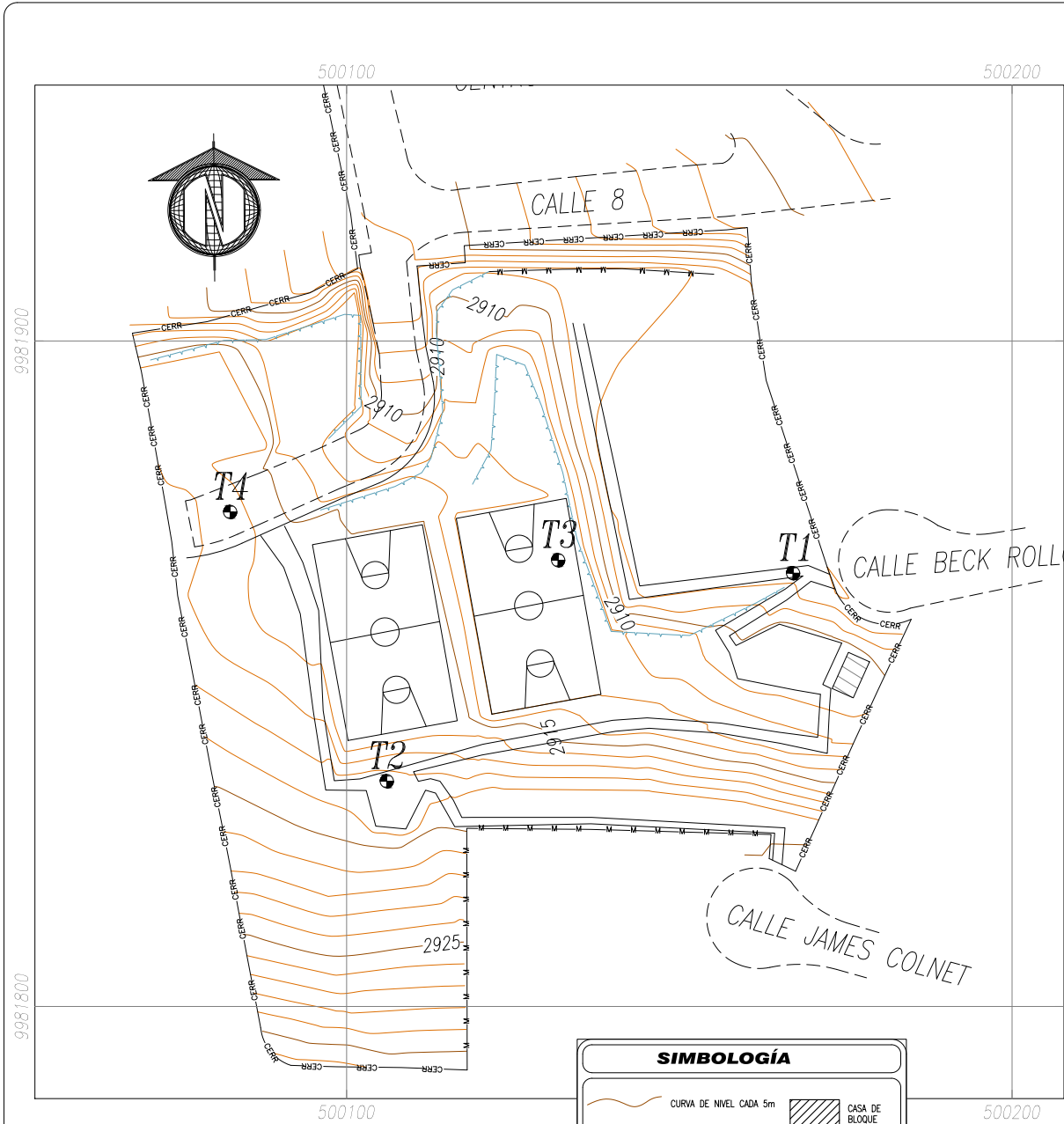
UBICACION
 ESCALA 1: S/E

CUADRO DE COORDENADAS			
PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION
T1	9981865.108	500167.086	2907.778
T2	9981833.856	500106.011	2918.402
T3	9981867.077	500131.767	2912.917
T4	9981874.334	500082.490	2916.386

SISTEMA COORDENADAS TM QUITO WGS84 ZONA 17S

PARQUE CLUB SANTA FE

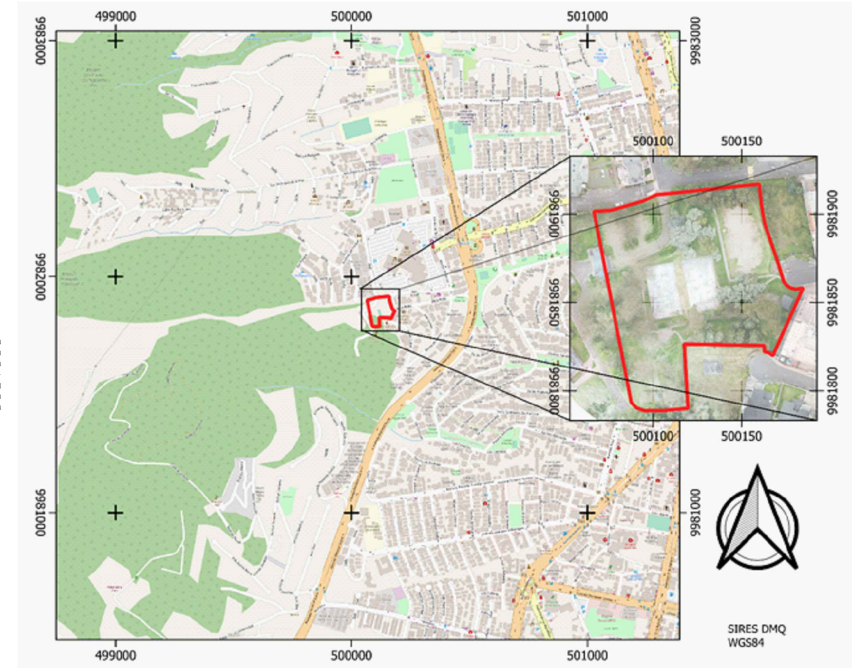
CONTIENE: LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO		REALIZO: LUIS JAVIER LASLUISA	
	DIRECCION: PROVINCIA: PICHINCHA - CANTON: QUITO PARROQUIA: COCHAPAMBA - SECTOR: EL BOSQUE		 JENNIFER FERNANDA MENESES
	REVISO: ING. RAMIRO ERAZO		
GEOCLAVE: N. DE PREDIO:	ESCALA: INDICADAS	FECHA: JUNIO 2022	LAMINA: 1-1



LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

ESCALA 1: 1000

SIMBOLOGÍA			
	CURVA DE NIVEL CADA 5m		CASA DE BLOQUE
	CURVA DE NIVEL CADA 1m		CASA DE HORMIGON
	CALLE		PUNTO DE CONTROL
	BORDE SUPERIOR		CORTE
	CERRAMIENTO		RELLENO
	MALLA		



UBICACION

ESCALA 1: S/E

CUADRO DE COORDENADAS

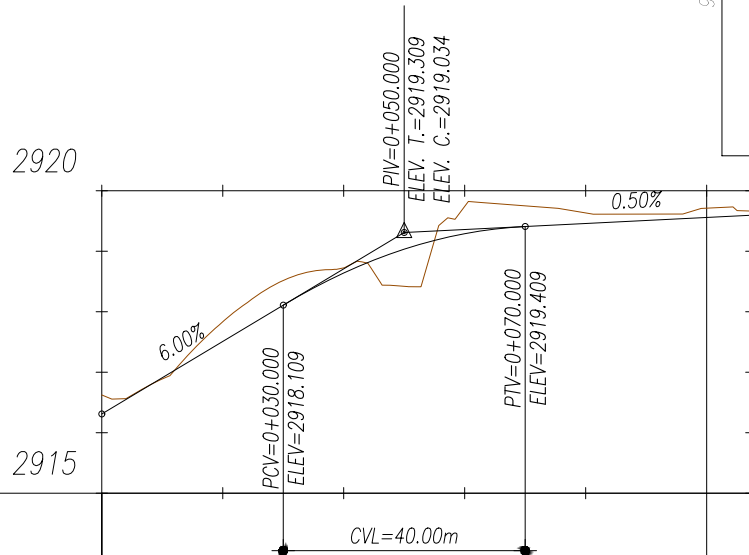
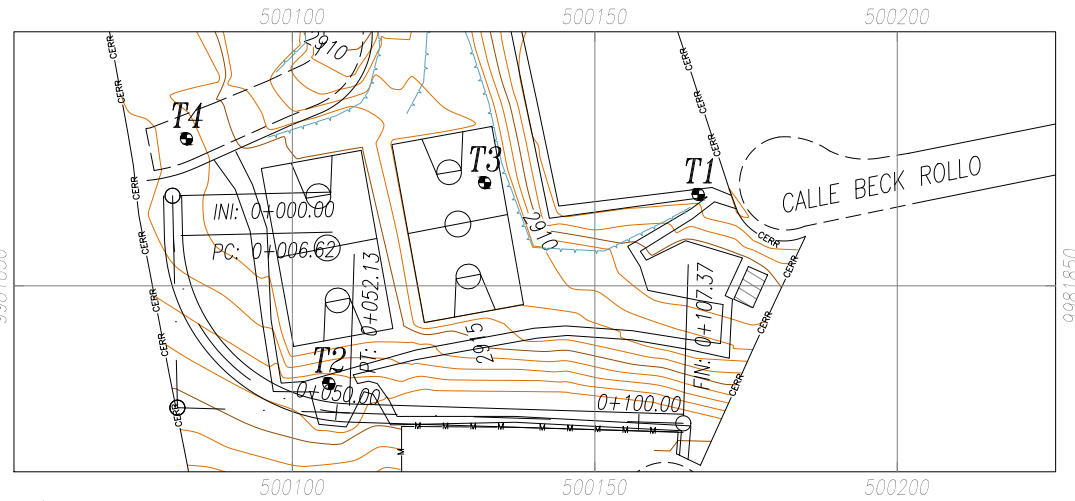
PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION
T1	9981865.108	500167.086	2907.778
T2	9981833.856	500106.011	2918.402
T3	9981867.077	500131.767	2912.917
T4	9981874.334	500082.490	2916.386

SISTEMA COORDENADAS TM QUITO WGS84 ZONA 17S

PARQUE CLUB SANTA FE

CONTIENE: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO		REALIZO: LUIS JAVIER LASLUISA	
	DIRECCION: PROVINCIA: PICHINCHA - CANTON: QUITO PARROQUIA: COCHAPAMBA - SECTOR: EL BOSQUE	 	
	REVISO: ING. RAMIRO ERAZO		
GEOCLAVE: N. DE PREDIO:	ESCALA: INDICADAS	FECHA: JUNIO 2022	LAMINA: 1-1

SIMBOLOGÍA			
	CURVA DE NIVEL CADA 5m		CASA DE HORMIGÓN
	CURVA DE NIVEL CADA 1m		CASA DE BLOQUE
	CALLE		PUNTO DE CONTROL
	BORDE SUPERIOR		CORTE
	CERRAMIENTO		RELLENO
	MALLA		



LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO

ESCALA 1: _____ H : 1250
V : 125

CUADRO DE COORDENADAS

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION
T1	9981865.108	500167.086	2907.778
T2	9981833.856	500106.011	2918.402
T3	9981867.077	500131.767	2912.917
T4	9981874.334	500082.490	2916.386

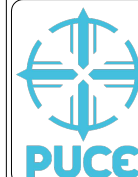
SISTEMA COORDENADAS TM QUITO WGS84 ZONA 17S

PARQUE CLUB SANTA FE

CONTIENE:

PASAJE PROYECTADO (PLANTA Y PERFIL)

REALIZO:



DIRECCION:

PROVINCIA: PICHINCHA - CANTON: QUITO
PARROQUIA: COCHAPAMBA - SECTOR: EL BOSQUE

REVISO:

ING. RAMIRO ERAZO

LUIS JAVIER LASLUIA

JENNIFER FERNANDA MENESES

GEOCLAVE:

N. DE PREDIO:

ESCALA:

INDICADAS

FECHA:

JUNIO 2022

LAMINA:

1-1

ELEVACIONES	RELLENO							
	0.32	0.33	0.08	0.45	0.17	0.15	0.07	
TERRENO	2916.624	2917.834	2918.725	2919.742	2919.633	2919.712	2919.664	
PROYECTO	2916.309	2917.509	2918.640	2919.290	2919.459	2919.559	2919.595	
ABSCISAS	0+000.00	0+020.00	0+040.00	0+060.00	0+080.00	0+100.00	0+107.37	
KM	0+000.00							0+107.37