



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE EFICIENCIA Y PRECISIÓN EN
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS PLANIALTIMÉTRICOS CON
TEODOLITO, ESTACIÓN TOTAL Y RTK.**

TUTOR

Mgtr. KEVIN ÁNGEL MENDOZA VILLACIS

AUTORES

**DAGMAR ADRIANA CADENA COELLO
KATHERINE VIVIANA CASTAÑEDA JAYA**

GUAYAQUIL

2024

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
I		
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Análisis Comparativo de eficiencia y precisión en levantamientos topográficos planialtimétricos con teodolito, estación total y RTK.		
AUTOR/ES: Cadena Coello Dagmar Adriana Castañeda Jaya Katherine Viviana	TUTOR: Mgrt. Ing. Civil Mendoza Villacis Kevin Ángel	
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil	
FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL	
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2024	N. DE PÁGS.: 156	
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción.		
PALABRAS CLAVE: Análisis comparativo, Tecnología, Topografía		
RESUMEN: Se realizó un análisis comparativo de la eficiencia y precisión en levantamientos topográficos planialtimétricos utilizando teodolito, estación total y RTK. La investigación revela que la estación total ofrece la mejor precisión en la medición de distancias, el RTK destaca por su rapidez y eficiencia en el tiempo de campo, y el teodolito es superior en la medición de ángulos, aunque su uso es más prolongado y no mide distancias directamente. Se identificaron las siguientes diferencias en las áreas medidas: una reducción de 3738.93 m ² entre el teodolito y la estación total, y un incremento de 394.228 m ² entre la estación total y el RTK. Estos resultados destacan la mayor precisión del RTK y la alta eficiencia de la estación total en comparación con el teodolito. Se recomienda considerar la tecnología más adecuada según el tamaño y requisitos del proyecto: el teodolito para proyectos pequeños y con presupuesto limitado, la estación total para proyectos medianos, y el RTK para grandes proyectos que requieren alta precisión. Es esencial invertir en capacitación continua para el personal y evaluar cuidadosamente el costo-beneficio de cada equipo. Además, la implementación gradual de nuevas tecnologías y un programa de mantenimiento regular son clave para maximizar la eficiencia y precisión en los levantamientos topográficos. Esta estrategia equilibrada asegura resultados óptimos y adaptados a las necesidades específicas de cada proyecto.		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Cadena Coello Dagmar Adriana Castañeda Jaya Katherine Viviana	Teléfono: 0979273047 0958775041	E-mail: dcadenac@ulvr.edu.ec kcastanedaj@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Master Ing. Civil Marcial Sebastián Calero Amores. (Decano) Teléfono: 042-596500 Ext. 260 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec Mgrt. Ing. Civil Jorge Enrique Torres Rodríguez (Director de Carrera) Teléfono: 042-596500 Ext. 242 E-mail: etorres@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD

CASTAÑEDA JAYA KATHERINE VIVIANA

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

1%

★ repositorio.upeu.edu.pe

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

Tutor:



Mgtr. Ing. Civil Kevin Ángel Mendoza Villacis

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El (Los) estudiante(s) egresado(s) DAGMAR ADRIANA CADENA COELLO y KATHERINE VIVIANA CASTAÑEDA JAYA, declara (mos) bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, (Análisis Comparativo de eficiencia y precisión en levantamientos topográficos planialtimétricos con teodolito, estación total y RTK), corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo (emos) los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)

Firma: 
DAGMAR ADRIANA CADENA COELLO

C.I. 094191424-4

Firma: 
KATHERINE VIVIANA CASTAÑEDA JAYA

C.I. 095233284-9

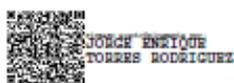
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación (Análisis Comparativo de eficiencia y precisión en levantamientos topográficos planialtimétricos con teodolito, estación total y RTK), designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: (Análisis Comparativo de eficiencia y precisión en levantamientos topográficos planialtimétricos con teodolito, estación total y RTK.), presentado por el (los) estudiante (s) DAGMAR ADRIANA CADENA COELLO y KATHERINE VIVIANA CASTAÑEDA JAYA como requisito previo, para optar al Título de (INGENIERAS CIVILES), encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



MGTR. ING. CIVIL KEVIN ÁNGEL MENDOZA VILLACIS

C.C. 0922290010

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a mi señor Dios por permitirme un logro más en mi vida. A mis padres amados Rosa Elena Coello Quinaluisa y Hernán Aníbal Cadena quienes me han apoyado y acompañado inicialmente durante todo este proceso. Gracias por su amor, paciencia, creer en mí y por motivarme a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles.

También quiero agradecer alguien muy especial a la Sra. Mercedes Coello Quinaluisa aunque ya no está físicamente con nosotros, su influencia y enseñanza han dejado una huella imborrable en mi vida. Su amor su dedicación siguen inspirándome y guiándome este logro es un tributo a su memoria y a todo lo que me enseñó.

Dagmar Adriana Cadena Coello

DEDICATORIA

A mi valiente mama, esta tesis es el resultado de su amor y apoyo y gran sacrificio en todo este viaje educativo. Sus palabras de aliento, perseverancia y su ejemplo constante han sido mi mayor inspiración. Cada día que trabajaste incansablemente y cada vez que me brindaste tu cariño son unos de los tesoros que valoro mucho y respeto profundamente, Te amo con todo mi corazón y esta tesis es mi humilde forma de agradecerte por todo lo que has hecho por mí.

Dagmar Adriana Cadena Coello

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por iluminarme, a la Santísima Virgen María por guiar cada paso y al Espíritu Santo por el don de la sabiduría y conocimiento que sembró en mí hacia la culminación de esta etapa, este largo camino no ha sido fácil, pero con la ayuda de mis padres esto ha sido posible, agradezco a quienes han estado pendiente de mi perseverancia en este largo proceso, mi familia, mis amigos y a mis compañeros con los que he compartido a lo largo de mi carrera y me han brindado confianza, apoyo y amistad.

Agradezco a la Universidad Laica de Guayaquil por la excelencia de docentes que mantienen para llegar a nosotros de una u otra forma compartiendo sus conocimientos y experiencias a lo largo de nuestra carrera, en especial al Mgtr. Carlos Valero Fajardo que inculco sus conocimientos de topografía en mí y siempre estuvo dispuesto ayudarme en cada una de mis dudas acerca de la carrera, a mi tutor Mgtr. Kevin Mendoza Villacis por guiarme con sabiduría y con paciencia en mi proyecto final.

Katherine Viviana Castañeda Jaya

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dirigido a mis padres Segundo Castañeda y Katherine Jaya, por el esfuerzo tan inmenso que han hecho para que yo pueda culminar mi carrera universitaria, por ser el pilar fundamental en mi vida y siempre alentarme a cumplir mis metas.

Katherine Viviana Castañeda Jaya

RESUMEN

Se realizó un análisis comparativo de la eficiencia y precisión en levantamientos topográficos planialtimétricos utilizando teodolito, estación total y RTK. La investigación revela que la estación total ofrece la mejor precisión en la medición de distancias, el RTK destaca por su rapidez y eficiencia en el tiempo de campo, y el teodolito es superior en la medición de ángulos, aunque su uso es más prolongado y no mide distancias directamente. Se identificaron las siguientes diferencias en las áreas medidas: una reducción de 3738.93 m² entre el teodolito y la estación total, y un incremento de 394.228 m² entre la estación total y el RTK. Estos resultados destacan la mayor precisión del RTK y la alta eficiencia de la estación total en comparación con el teodolito. Se recomienda considerar la tecnología más adecuada según el tamaño y requisitos del proyecto: el teodolito para proyectos pequeños y con presupuesto limitado, la estación total para proyectos medianos, y el RTK para grandes proyectos que requieren alta precisión. Es esencial invertir en capacitación continua para el personal y evaluar cuidadosamente el costo-beneficio de cada equipo. Además, la implementación gradual de nuevas tecnologías y un programa de mantenimiento regular son clave para maximizar la eficiencia y precisión en los levantamientos topográficos. Esta estrategia equilibrada asegura resultados óptimos y adaptados a las necesidades específicas de cada proyecto.

Palabras claves: Análisis comparativo, Tecnología, Topografía

ABSTRACT

A comparative analysis of the efficiency and precision in planialtimetric topographic surveys was carried out using theodolite, total station and RTK. The research reveals that the total station offers the best precision in measuring distances, the RTK stands out for its speed and efficiency in field time, and the theodolite is superior in measuring angles, although its use is longer and does not measure distances directly. The following differences in the measured areas were identified: a reduction of 3738.93 m² between the theodolite and the total station, and an increase of 394.228 m² between the total station and the RTK. These results highlight the higher accuracy of RTK and the high efficiency of the total station compared to the theodolite. It is recommended to consider the most appropriate technology according to the size and requirements of the project: the theodolite for small projects with limited budget, the total station for medium projects, and the RTK for large projects that require high precision. It is essential to invest in continuous training for staff and carefully evaluate the cost-benefit of each piece of equipment. Additionally, the gradual implementation of new technologies and a regular maintenance program are key to maximizing efficiency and accuracy in topographic surveys. This balanced strategy ensures optimal results adapted to the specific needs of each project.

Keywords: Comparative análisis, Technology, Topography

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I ENFOQUE DE LA PROPUESTA.....	3
1.1 Tema.....	3
1.2 Planteamiento del Problema.....	3
1.3 Formulación del Problema.....	3
1.4 Objetivo General	4
1.5 Objetivos Específicos	4
1.6 Idea a Defender.....	4
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad	4
CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL	5
2.1 Antecedentes	5
2.1.1 Eficiencia y Precisión.....	8
2.1.2 Versatilidad y Viabilidad	9
2.1.3 Optimización de Recursos.....	9
2.1.4 Colaboración y Coordinación.....	10
2.2 Marco teórico.....	11
2.2.1 Topografía.....	11
2.2.2 Levantamiento Topográfico	11
2.2.3 Planimetría	12
2.2.4 Altimetría	12
2.2.5 Levantamiento topográfico con teodolito	13
2.2.6 Levantamiento topográfico con estación total.....	13
2.2.7 Tipos de Estaciones totales.....	16
2.2.8 Accesorios.....	17
2.2.9 Componentes principales	19

2.2.10	Funcionamiento de la estación total	23
2.2.11	Coordenadas de la estación (Stn Coordinate)	23
2.2.12	Vista atrás (Back Sight)	23
2.2.13	Observación (Observation).....	23
2.2.14	Tipos De Levantamiento Topográfico	24
2.2.18	Precisión y exactitud	31
2.2.18	Curvas de nivel	32
2.2.17	Propiedades de las curvas de nivel	32
2.2.18	Tipos de curvas de nivel	33
2.2.19	RTK.....	34
2.2.20	Función del RTK.....	35
2.2.21	GNSS	38
2.2.22	Origen del GNSS.....	39
2.2.23	Funcionamiento del GNSS	40
2.2.24	Diferencia entre el GNSS y GPS	44
2.2.25	Levantamiento topográfico con RTK (Real Time Kinematic)..	47
2.2.26	Medición RTK (Real Time Kinematic)	49
2.2.27	Distancia entre equipos receptores GPS	51
2.2.28	Punto rápido (RTK).....	51
2.2.29	Levantamiento continuo (RTK)	52
2.2.30	Sistema RTK (Obtención de Información en Tiempo Real) ...	53
2.2.31	Método cinemático en tiempo real RTK.....	54
2.2.32	Error en RTK	55
2.2.33	Sistema de Información Geográfica.....	56
2.2.34	QGIS (Quantum GIS)	58
2.2.35	ArcGIS.....	60
2.2.36	Teodolito	61

2.2.37 Tipos de Teodolitos	62
2.2.38 Partes de un teodolito.....	62
2.2.38 Precisión y factores que afectan la medición con Teodolito...	65
2.3 Marco Legal	65
2.3.1 Constitución Del Ecuador	65
2.3.2 Ley Orgánica De Ordenamiento Territorial, Uso Y Gestión De Suelo (Ley S/N)	66
2.3.3 Norma Técnica Ecuatoriana Nte Inen 2873 2015-04	67
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	69
3.1 Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto).....	69
3.2 Alcance de la investigación: (Exploratorio, descriptivo o correlacional)	69
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos	69
3.3.1 Observación directa y mapeo:	70
3.3.2 Análisis espacial y estadístico:	70
3.4 Población y muestra	70
3.4.1 Población	70
3.4.2 Muestra	71
3.5 Análisis de métodos	71
3.5.1 Teodolito	71
3.5.2 Estación total.....	72
3.5.3 RTK (Real Time Kinematic)	73
CAPÍTULO IV PROPUESTA O INFORME	74
4.1 Presentación y análisis de resultados.....	74
4.1.1 Precisión	75
4.1.2 Eficiencia.....	76
4.1.3 Costos	78
CONCLUSIONES.....	80

RECOMENDACIONES	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Línea de Investigación Institucional</i>	4
Tabla 2 <i>Comparación de eficiencia</i>	76
Tabla 3 <i>Comparación de costos</i>	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Estación Sokkia Fx Series</i>	14
Figura 2 <i>Estación Total Leica Modelo TS-06</i>	17
Figura 3 <i>Partes de la Estación Total</i>	19
Figura 4 <i>Distintos tornillos de la estación total</i>	20
Figura 5 <i>Estación total, prisma y bastón</i>	22
Figura 6 <i>Esquema de funcionamiento de la estación total</i>	24
Figura 7 <i>Plano Planimétrico</i>	26
Figura 8 <i>Plano altimétrico</i>	26
Figura 9 <i>Diagrama de operaciones topográficas</i>	30
Figura 10 <i>Exactitud y precisión Exactitud y precisión</i>	31
Figura 11 <i>RTK</i>	35
Figura 12 <i>Receptor GPS</i>	36
Figura 13 <i>GNSS</i>	38
Figura 14 <i>Sistema GNSS</i>	40
Figura 15 <i>Posición tridimensional</i>	41
Figura 16 <i>Sistema de Control Terrestre</i>	42
Figura 17 <i>Tecnología de navegación por satélite</i>	45
Figura 18 <i>GNSS y GPS</i>	46

Figura 19	Ubicación recomendada para receptor Base y Móvil en técnica RTK...	50
Figura 20	<i>Método de posicionamiento GNSS</i>	52
Figura 21	<i>Partes de un teodolito</i>	64
Figura 22	<i>Cuadro de linderos, mensuras y áreas</i>	74

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	<i>Plano de levantamiento planialtimétrico (Estación Total)</i>	91
Anexo 2	<i>Curvas de nivel con estación total</i>	92
Anexo 3	<i>Diferencia de levantamiento entre los 3 métodos</i>	93
Anexo 4	<i>Datos tomados con la estación total</i>	94
Anexo 5	<i>Cálculo de poligonal cerrada con teodolito</i>	139
Anexo 6	<i>Levantamiento altimétrico y planimétrico con Estación total</i>	140
Anexo 7	<i>Emparejando el receptor base con el receptor rover</i>	141
Anexo 8	<i>Receptando información en la recolectora (RTK)</i>	142

INTRODUCCIÓN

En el amplio ámbito de la topografía y la cartografía, es fundamental dar una información confiable y de calidad, donde la precisión y la eficiencia en los levantamientos planialtimétricos tienen un rol primordial. La dirección de este trabajo de titulación se encamina en hacer un análisis comparativo de la eficiencia y precisión en los levantamientos topográficos planialtimétricos. Se investigan tres tecnologías usualmente utilizadas para este fin: el teodolito, la estación total y el Sistema de Posicionamiento Global en Tiempo Real (RTK).

Como parte fundamental está la elección idónea de la tecnología que se utilizará, por lo que esta podrá tener un impacto inmenso en la calidad y los costos relacionados a los levantamientos topográficos. La relevancia de este trabajo radica en su habilidad para brindar un análisis sobre las tecnologías y su capacidad para trabajar en diferentes ambientes topográficos.

El desarrollo de este trabajo se estructuró en cuatro capítulos principales, cada uno de los cuales abordó un aspecto fundamental de la investigación. El primer capítulo ofreció una descripción exhaustiva de la problemática abordada, destacando la importancia de realizar levantamientos topográficos precisos y eficientes. Se identificaron los desafíos clave relacionados con la selección de la herramienta tecnológica que más conviene para diferentes contextos topográficos, y se establecieron los objetivos que se buscaron alcanzar, centrándose en la comparación de la eficiencia y precisión de las tecnologías seleccionadas. Además, se describió en detalle la metodología empleada para lograr estos objetivos, incluyendo los criterios de selección de las tecnologías y los métodos de análisis comparativo que se aplicaron.

En el segundo capítulo, se exploró el marco teórico, proporcionando un análisis profundo de la literatura existente sobre las tecnologías del teodolito, la estación total y el RTK. Se examinó la evolución histórica de estas tecnologías, sus principios de funcionamiento, y se discutieron sus aplicaciones y limitaciones en el contexto de los levantamientos topográficos. También se abordaron estudios previos que compararon estas tecnologías, lo que permitió situar la investigación dentro del contexto más

amplio del conocimiento existente y justificar la relevancia de la comparación realizada en este trabajo.

El tercer capítulo se dedicó a la metodología del estudio, donde se detallaron minuciosamente los equipos utilizados y los procedimientos de campo implementados. Se describió el proceso de selección de los sitios de prueba, así como las condiciones ambientales y topográficas que se tuvieron en cuenta. Además, se explicó cómo se realizó la recopilación de datos, incluyendo las técnicas de medición y los protocolos seguidos para garantizar que los resultados sean exactos y confiables. Posteriormente, se presentó el análisis de los datos obtenidos y se evaluaron los resultados, comparando el desempeño de cada tecnología en términos de precisión, eficiencia y costos asociados.

Finalmente, el cuarto capítulo presentó una propuesta basada en los hallazgos del estudio. A partir de los resultados obtenidos, se elaboraron recomendaciones sobre la selección y aplicación de tecnologías para la realización de levantamientos topográficos planialtimétricos. Estas recomendaciones se basaron en los diferentes contextos topográficos y las necesidades específicas de los proyectos, proporcionando una guía práctica para profesionales del campo. Además, se discutieron las posibles implicaciones de estos hallazgos para futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos en el ámbito de la topografía.

A lo largo de este trabajo, se espera proporcionar una guía útil para profesionales y académicos en el campo de la topografía, así como contribuir al avance del conocimiento en términos de las tecnologías utilizadas en levantamientos topográficos planialtimétricos.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema

Análisis Comparativo de eficiencia y precisión en levantamientos topográficos planialtimétricos con teodolito, estación total y RTK.

1.2 Planteamiento del Problema

La precisión en los levantamientos topográficos es fundamental para proyectos de ingeniería civil, cartografía y planificación urbana. Las tecnologías de teodolito, estación total y RTK (Real Time Kinematic) son comúnmente utilizadas, pero su eficiencia y precisión pueden variar. Es crucial identificar cuál de estas tecnologías ofrece mejores resultados bajo diferentes condiciones de campo para optimizar recursos y garantizar la exactitud de los proyectos.

Actualmente, existen discrepancias en los resultados obtenidos con cada tecnología, generando incertidumbre en la elección del equipo adecuado. Estudios previos han demostrado que errores en los levantamientos topográficos pueden causar sobrecostos significativos y retrasos en la construcción, afectando la viabilidad y éxito de los proyectos. Menciona Pariona (2023), que los errores en los levantamientos topográficos pueden causar modificaciones no deseadas en el diseño, paralización de la obra, costos adicionales, riesgos de seguridad, litigios y retrasos en la finalización del proyecto. Estos errores generan discrepancias en la alineación, elevaciones y distancias planificadas, afectando la viabilidad económica y temporal del proyecto. Aunque los métodos de levantamiento con GPS diferencial y estación total presentan mínimos errores, cualquier inexactitud en las mediciones topográficas puede tener consecuencias significativas en términos de tiempo y costos.

1.3 Formulación del Problema

¿Cuál de las tres tecnologías, teodolito, estación total o RTK, proporciona mayor precisión y eficiencia en los levantamientos topográficos planialtimétricos en áreas urbanas y rurales?

1.4 Objetivo General

Comparar la eficiencia y precisión de los levantamientos topográficos planialtimétricos realizados con teodolito, estación total y RTK para determinar la tecnología más adecuada en términos de precisión y costo-beneficio.

1.5 Objetivos Específicos

- Analizar el estado del arte y los fundamentos teóricos sobre la precisión y eficiencia de los levantamientos topográficos con teodolito, estación total y RTK.
- Evaluar el rendimiento del SIG mediante el análisis de costo, eficiencia y precisión de los datos recolectados .
- Determinar ventajas y desventajas con los resultados obtenidos de levantamientos topográficos realizados con las tres tecnologías en distintos entornos.

1.6 Idea a Defender

La investigación pretende demostrar que, bajo condiciones específicas, una de las tecnologías (teodolito, estación total o RTK) presenta ventajas significativas en términos de precisión y eficiencia, lo que justificará su elección preferente en proyectos de levantamiento topográfico.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Tabla 1

Línea de Investigación Institucional

Dominio	Línea Institucional	Líneas de Facultad
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco amigable, industria y desarrollo de energías renovables.	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.	Territorio.

Fuente: ULVR, (2024)

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

El uso tradicional de teodolitos y estaciones totales en levantamientos topográficos ha sido ampliamente reconocido por su precisión y confiabilidad. Sin embargo, la aparición de tecnologías GNSS como el RTK ha generado un debate sobre cuál ofrece mejores resultados en términos de precisión y eficiencia. Mientras los teodolitos y estaciones totales siguen siendo valiosos por su exactitud en condiciones controladas, el RTK destaca por su capacidad de proporcionar datos de posicionamiento en tiempo real con alta precisión y rapidez. Este contraste invita a una evaluación cuidadosa para elegir la herramienta más adecuada según las necesidades específicas de cada proyecto.

Jiménez et al. (2019), en este estudio se realizó un comparativo entre estación total y levantamientos topográficos, los resultados obtenidos en el campo utilizando el dron y las mediciones realizadas con la estación total, ambos con georreferenciación, son bastante similares. Sin embargo, la estación total resulta ser la opción más práctica y versátil.

Gil (2019), este trabajo tuvo como objetivo proporcionar una formación integral en topografía para principiantes, abarcando desde la teoría básica hasta técnicas avanzadas. La metodología incluyó una secuencia estructurada de actividades prácticas que empezaron con la medición de distancias utilizando cinta y brújula, avanzaron a la aplicación de teodolitos para medir ángulos, y culminaron en el uso de estaciones totales y GPS para levantamientos y nivelaciones más complejas. Los resultados mostraron una mejora en la precisión y el manejo de los instrumentos entre los participantes, evidenciando un avance significativo en sus habilidades prácticas. Como conclusión, se encontró que la metodología aplicada resultó efectiva para enseñar los conceptos fundamentales de la topografía y preparar a los estudiantes para realizar trabajos topográficos con precisión y confianza.

Castro y Pfura (2020), el objetivo del proyecto fue evaluar el uso de drones en la minería para determinar su eficacia en comparación con herramientas tradicionales,

centrándose en la importancia de la fotogrametría y la selección del dron adecuado. La metodología consistió en la recolección y validación de datos a través de fuentes bibliográficas confiables y la revisión de investigaciones previas sobre los tipos de drones y sus aplicaciones. Los resultados mostraron que los drones ofrecen una mayor rapidez y eficiencia en la obtención de datos en comparación con las técnicas tradicionales, destacando la fotogrametría como clave para su efectividad. La comparación con estaciones totales reveló que, aunque los drones son más flexibles y rápidos, las estaciones totales siguen siendo útiles para tareas que requieren alta precisión. En conclusión, los drones son una herramienta valiosa en minería, proporcionando beneficios claros, aunque la elección del equipo dependerá del tipo de tarea y del contexto específico.

Vera (2021), la investigación se enfoca en la importancia de modernizar y optimizar las técnicas de levantamientos hidrográficos, específicamente mediante el uso de sistemas GNSS con tecnología RTK. A pesar de los avances tecnológicos, muchas de las metodologías tradicionales siguen siendo aplicadas, lo que puede resultar en menor precisión y mayor tiempo de procesamiento de datos. La técnica RTK Tide permite determinar la altura del nivel del agua en tiempo real durante el levantamiento batimétrico, mejorando significativamente la precisión de las mediciones y reduciendo los costos operativos.

Medrano (2022), la investigación se centró en calibrar datos de dron con levantamientos topográficos mediante estación total en el saneamiento básico del Centro Poblado Canizal Chico. Se resolvieron problemas de georreferenciación, ortofotos y modelos digitales. Los resultados demostraron la eficiencia y precisión de combinar estación total y dron, destacando la utilidad del dron en zonas de acceso difícil. En resumen, el uso conjunto de ambas tecnologías es efectiva para proyectos de saneamiento básico.

Aguirre y Señalin (2023), el estudio comparó los resultados de un levantamiento topográfico en la finca Villa Aventura utilizando una estación total y un dron, con el objetivo de abordar la ausencia de actualización de registros catastrales en áreas rurales y determinar la eficacia de ambos métodos. Los hallazgos destacaron la optimización del tiempo con el uso del dron, diferencias en los

procedimientos y manejo de equipos, y la importancia de la precisión, rendimiento y costos en la elección del método. Además, subrayan la necesidad de comprender la normativa legal ecuatoriana para garantizar la calidad de los resultados, enfatizando la relevancia de seleccionar el método adecuado según las necesidades del proyecto.

Modelos o experiencias análogas:

A nivel mundial en Reino Unido, destacan la eficiencia y precisión de los levantamientos topográficos con GNSS, especialmente en términos de rapidez y flexibilidad en la captura de datos para mapas. Se menciona en estudios que la técnica RTK (Real-Time Kinematic) puede ofrecer alta precisión en tiempo real mediante correcciones instantáneas a los receptores móviles. Sin embargo, se reconoce que otros métodos como teodolitos, estaciones totales y técnicas manuales también son válidos para levantamientos topográficos. Se sugiere que la combinación integrada de mediciones con teodolitos y GNSS puede ser una solución efectiva para capturar puntos con precisión (Ainsworth & Thomason, 2003).

En Latinoamérica, países como Perú describen los levantamientos convencionales, que usan equipos óptico-mecánicos para obtener información de distancias y ángulos en coordenadas polares, y los no convencionales, que emplean tecnologías como drones y fotogrametría para representar el terreno de forma indirecta. Los modelos utilizados incluyen la estación total, calibrada regularmente y ajustada a condiciones ambientales, y drones, que cubren grandes extensiones de terreno a bajo costo y con acceso a áreas difíciles. La fotogrametría se destaca por obtener coordenadas tridimensionales de objetos a partir de imágenes bidimensionales usando principios matemáticos. Además, recomienda calibrar los equipos y establecer puntos de control con GNSS para asegurar la precisión en las mediciones y georreferenciación. Estas experiencias resaltan la importancia de utilizar tecnologías adecuadas y calibradas correctamente para lograr alta precisión en los levantamientos topográficos (Huamani, 2019).

En Ecuador, en la Universidad Salesiana ha llevado a cabo un estudio realizado en el Parque El Paraíso en Cuenca comparó la precisión y eficiencia de diferentes tecnologías topográficas. Aunque todas mostraron una precisión aceptable, hubo pequeñas desviaciones en las coordenadas. El receptor GNSS (modo RTK) era

el más económico, pero requería más tiempo en el campo. Por lo tanto, se recomienda evaluar cuidadosamente las necesidades al ejecutar el proyecto (Martínez & Bermeo, 2023).

Los antecedentes mencionados en los análisis comparativos y estudios relacionados con levantamientos topográficos con teodolito, estación total y RTK pueden aplicarse de manera profunda y detallada en el análisis de costo eficiencia y precisión de datos recolectados mediante el SIG para un levantamiento topográfico planialtimétrico de la siguiente manera:

2.1.1 Eficiencia y Precisión

Los estudios comparativos subrayaron la importancia crucial de la precisión, eficiencia y costos en los levantamientos topográficos. Estos estudios revelaron cómo la estación total se destacaba por ofrecer resultados más precisos y eficientes en contextos específicos. Al analizar en detalle los beneficios de cada tecnología, quedó claro que la estación total no solo mejoraba la exactitud de los datos recolectados, sino que también optimizaba el tiempo y los recursos indispensables para llevar a cabo los levantamientos topográficos. Esta información permitió resaltar la necesidad de emplear esta herramienta en situaciones donde la precisión era fundamental.

En el análisis comparativo, se hizo hincapié en cómo la precisión de la estación total contribuía de manera significativa a la obtención de datos geospaciales de alta calidad. Este aspecto resultaba crucial para la planificación y desarrollo de proyectos en diversas áreas de estudio, donde la exactitud de la información podía impactar directamente en el éxito del proyecto. El enfoque detallado y basado en evidencia permitió a los profesionales tomar decisiones más informadas sobre la tecnología que mejor se ajusta a sus necesidades particulares, asegurando que la herramienta seleccionada proporcionara resultados fiables y ajustados a los requerimientos del trabajo.

2.1.2 Versatilidad y Viabilidad

Los estudios revelaron que la estación total se mostró más viable y versátil en comparación con el teodolito y el sistema RTK. Esta versatilidad resultó ser crucial para adaptarse a las características particulares del área de investigación, lo que garantizó una mayor eficacia en los levantamientos topográficos planialtimétricos. A diferencia del teodolito, que se limita a mediciones angulares y requiere cálculos adicionales para determinar distancias, y el RTK, que, aunque es eficiente en la medición de coordenadas en tiempo real, puede tener limitaciones en terrenos complejos, la estación total ofreció una solución integral y flexible. Esta adaptabilidad permitió a los profesionales ajustar rápidamente las técnicas y configuraciones según las características del terreno, optimizando así la precisión y la eficiencia del levantamiento.

A partir de estos hallazgos, se hicieron recomendaciones para aprovechar al máximo la versatilidad de los tres equipos topográficos. Se sugirió utilizar la estación total para el levantamiento principal debido a su capacidad para combinar medidas angulares y lineales con alta precisión. Sin embargo, también se destacó la importancia de integrar el teodolito y el RTK cuando las circunstancias lo requieran. Por ejemplo, el teodolito puede ser útil en terrenos con visibilidad limitada para ángulos, y el RTK puede proporcionar datos en tiempo real en áreas extensas

2.1.3 Optimización de Recursos

La incorporación de nuevas tecnologías para la captura de datos geoespaciales ha demostrado ser un aspecto clave en la optimización de levantamientos topográficos. Se consideró cómo integrar estas tecnologías de manera complementaria a la estación total, lo cual permitió no solo aumentar la eficiencia sino también reducir los costos asociados al levantamiento topográfico planialtimétrico. Esta integración facilitó un enfoque más adaptado a las necesidades específicas del proyecto, logrando así una mayor precisión y reducción en el tiempo de trabajo.

En el análisis, se exploró el uso estratégico de tecnologías emergentes, como el GPS, para complementar el empleo de la estación total y otros equipos. La combinación de estas herramientas permitió mejorar significativamente la recolección de datos en el área de estudio, abordando de manera más efectiva los desafíos específicos del terreno. Así, se optimizó el proceso y se lograron resultados más precisos, demostrando la eficacia de una metodología integral que aprovecha las ventajas de cada tecnología.

2.1.4 Colaboración y Coordinación

La colaboración efectiva con las comunidades locales y los responsables de proyectos se consideró fundamental para el éxito de los levantamientos topográficos. Se destacó la importancia de coordinar con las partes interesadas para garantizar que el levantamiento se realizara de manera eficiente y precisa. Este enfoque no solo facilitó la obtención de datos de alta calidad, sino que también permitió que todos los involucrados estuvieran alineados con los objetivos y requisitos del proyecto, asegurando así una ejecución fluida y sin contratiempos.

En el análisis comparativo, se elaboró un plan detallado que abordó cómo coordinarse con las comunidades y los responsables de proyectos en Progreso. Este plan incluyó estrategias específicas para asegurar la colaboración necesaria y la eficiente ejecución del levantamiento topográfico. La integración de las aportaciones y conocimientos locales resultó ser una ventaja significativa, facilitando el acceso a áreas específicas y optimizando el proceso de recolección de datos en el terreno.

Al aplicar estos antecedentes en el análisis comparativo del levantamiento topográfico utilizando teodolito, estación total y RTK, se mejoró notablemente la planificación, ejecución y calidad de los datos recopilados. La colaboración estrecha con las partes interesadas permitió una captura más precisa de la información geoespacial, contribuyendo significativamente a la optimización del proceso en esa área específica. Este enfoque colaborativo demostró ser esencial para maximizar la eficacia y precisión en la recolección de datos topográficos.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Topografía

La topografía realiza un papel fundamental en el área de la ingeniería y otras ciencias aplicadas, centrada en evaluar y plasmar la forma del terreno. Esta área de estudio utiliza diversas técnicas y herramientas que son fundamentales para el trabajo de campo, donde se emplean sistemas avanzados de cálculo y medición. Posteriormente, los datos recolectados se procesan y representan en un plano topográfico a escala, que refleja con precisión las características del terreno. Según Pérez (2010), la topografía se enfoca en investigar y aplicar las técnicas indispensables para ubicar con precisión puntos en la superficie y bajo el suelo terrestre. Esto incluye la integración de mediciones precisas de distancias, alturas y orientaciones.

Además, la topografía no se limita a un solo método, sino que implica la colaboración de diversas técnicas y enfoques, cada uno destinado a establecer con exactitud la posición de puntos en la superficie terrestre. La combinación de estos métodos permite una representación precisa y útil de las características del terreno, algo crucial para una gran variedad de aplicaciones, desde la construcción hasta la investigación geológica.

2.2.2 Levantamiento Topográfico

Según la definición de Pérez (2010), un levantamiento topográfico es el proceso técnico y sistemático de medir y registrar las características de un terreno con el objetivo de representarlo en un plano. Este proceso comienza en el campo, donde se lleva a cabo la recolección de datos directamente en el área de estudio. Los antecedentes conseguidos son luego procesados en la oficina, donde se utilizan para generar un plano topográfico a escala, que sirve como una herramienta clave para planificar y llevar a cabo proyectos.

El levantamiento topográfico puede ser abordado mediante diversas técnicas, cada una adaptada a las necesidades específicas del proyecto en cuestión. Entre las técnicas más comunes se encuentran la topografía plana, la geodesia y la

fotogrametría. Aunque todas estas técnicas comparten el mismo objetivo—representar con precisión el terreno—difieren en términos de precisión, alcance y metodología. Por ejemplo, mientras que la topografía plana es adecuada para áreas relativamente pequeñas y con variaciones mínimas de altitud, la geodesia es esencial para proyectos de mayor escala que requieren un entendimiento más global de la curvatura de la Tierra. La fotogrametría, por otro lado, se utiliza para capturar grandes áreas mediante fotografías aéreas, lo que permite una representación detallada y precisa del terreno.

2.2.3 Planimetría

La planimetría, tal como la define Cuque (2020), es una rama especializada de la topografía que se dedica a la representación gráfica de un área o superficie específica en un plano horizontal. Esta técnica es crucial para la identificación precisa de todos los puntos dentro de un espacio bidimensional, y su aplicación es fundamental en la creación de planos que detallan la distribución y relación espacial de diferentes elementos del terreno.

El principal objetivo de la planimetría es establecer un sistema de referencia común, lo que permite que todos los puntos medidos se ubiquen y reconozcan en relación con un origen compartido. Esto asegura que las representaciones sean coherentes y comparables, independientemente de las variaciones que puedan existir en el terreno. Además, la planimetría es una herramienta esencial en la planificación de proyectos, ya que permite a los ingenieros y arquitectos visualizar cómo interactúan diferentes elementos en el espacio, facilitando así la toma de decisiones informadas y precisas.

2.2.4 Altimetría

Es una rama de la topografía que se enfoca en estudiar las diferencias de altura entre los puntos identificados en una superficie terrestre. Para determinar estos desniveles, se llevan a cabo mediciones verticales, ya sea de manera directa o indirecta, en un proceso conocido como nivelación. En trabajos topográficos, la altimetría se basa en un plano imaginario al cual se referencian los distintos niveles

del terreno, asignando a los puntos una elevación o altura que se considera como valor cero (Luna & Ramírez, 2023).

Menciona Cuque (2020), que, en algunos casos, en lugar de usar un valor arbitrario, se utiliza una altura real, tomando como referencia el nivel medio del mar. Estos valores son aplicados a diversos puntos distribuidos a lo largo del territorio, cuyas altitudes ya han sido medidas y ajustadas para que puedan servir como referencia en diferentes proyectos topográficos. La distancia vertical entre el plano imaginario de referencia y el punto en cuestión se denomina cota, elevación o altura de ese punto en la superficie.

2.2.5 Levantamiento topográfico con teodolito

Para realizar levantamientos planimétricos, es común emplear la cinta métrica y el teodolito como instrumentos universales. En este contexto, las distancias en los planos siempre se representan de forma horizontal. Por eso, cuando es factible, las mediciones se toman horizontalmente o se ajustan a esta perspectiva usando datos adicionales, como el ángulo vertical o la pendiente. La cinta métrica es preferida para determinar las distancias con mayor exactitud, mientras que el teodolito, aunque útil para otros aspectos del levantamiento, ofrece una precisión menor en la medición de distancias (Quintana & Acevedo, 2023).

2.2.6 Levantamiento topográfico con estación total

La Estación Total es uno de los instrumentales disponibles para realizar un levantamiento topográfico. Se empleará un método topográfico que se basa en el uso de la Estación Total, el cual será referido como el método de la Estación Total en adelante.

A lo largo del tiempo, el propósito y concepto de la topografía han permanecido constantes, pero la forma de llevar a cabo los levantamientos ha evolucionado con los avances tecnológicos, incorporando nuevas técnicas que mejoran la eficiencia, calidad y precisión tanto en el trabajo de campo como en el de oficina. En la actualidad, la Estación Total es uno de los dispositivos topográficos más usados a

nivel nacional e internacional, debido a su eficiencia, calidad y precisión, lo que la hace apropiada para una gran variedad de trabajos topográficos en entornos urbanos y rurales (Hernández, 2011).

La estación total fue desarrollada como una evolución del teodolito, integrando características avanzadas como un distanciómetro para medir distancias y procesar datos que almacena la información recolectada. En topografía, las principales variables medidas son los ángulos y las distancias. Por consiguiente, una estación total se puede definir como un teodolito que incluye un distanciómetro, además de un sistema informático interno y software especializado para el análisis de datos (Zeiske, 2000).

Hoy en día, las estaciones totales están equipadas con un distanciómetro óptico electrónico y un dispositivo electrónico para medir ángulos, lo que permite leer directamente las dimensiones de los círculos en las direcciones horizontal y vertical. Esta información se presenta digitalmente, proporcionando de manera inmediata tanto los valores de ángulos como de distancias. Además, las estaciones totales modernas pueden calcular automáticamente las distancias horizontales, verticales (diferencias de altura) y las coordenadas. También disponen de programas integrados que simplifican las tareas topográficas, acelerando el proceso y eliminando la necesidad de realizar cálculos complejos. Esto permite realizar levantamientos de manera eficiente y precisa, sin requerir la posterior digitalización de los datos en un software CAD (Pachas, 2009).

Figura 1

Estación Sokkia Fx Series



Fuente: Sokkia, (2011)

El dispositivo proporciona una alta precisión en la medición de distancias gracias a la tecnología láser, y los ángulos se calculan digitalmente (SOKKIA SERIES FX, 2011), lo que representa un avance significativo en comparación con el teodolito, su antecesor, que dependía de una precisión óptica para medir tanto ángulos como distancias con la ayuda del nivel.

La estación total empleada está equipada con Magnet Field, un instrumento que facilita la obtención de resultados precisos y fiables. Esto se logra mediante el uso de promedios de mediciones y el ajuste de las distancias teniendo en cuenta factores como la constante del prisma, entre otros. Los datos que recoge la estación se pueden transferir a cualquier dispositivo electrónico, ya sea en el almacenamiento interno del dispositivo o en una unidad externa que sea compatible con la estación (Baque-Solis et al., 2022).

La recolección de datos en el campo empieza con la instalación de la estación total, un proceso que explicaremos más adelante. La parte esencial del procedimiento es ubicar el instrumento en un punto con coordenadas conocidas y alinearlo con otro punto de referencia también conocido. Este paso se repite cada vez que se mueve la estación (Márquez et al., 2011).

El procesamiento electrónico llevado a cabo por las estaciones totales modernas, como la utilizada en este estudio, simplifica considerablemente la recopilación de datos en el campo y las tareas de oficina. Esto incrementa la velocidad tanto en la toma de medidas como en la preparación de planos, porque las distancias, ángulos y coordenadas son calculados por el instrumento y almacenados para su posterior descarga directa en un ordenador, donde son procesados.

Sin embargo, también hay desventajas que deben considerarse. La simplicidad del instrumento puede resultar en un uso incorrecto, especialmente cuando un operador sin la experiencia o conocimientos adecuados supone estar capacitado para manejar la estación total, lo que podría llevar a mediciones imprecisas y poco confiables. Además, también pueden ocurrir pérdidas de información si hay errores al guardar los datos en el dispositivo (Cruz, 2008).

2.2.7 Tipos de Estaciones totales

Hay tres categorías de estaciones totales, clasificados según la tecnología que emplean:

2.2.7.1 Estación Total Convencional. Se trata de una estación total electrónica con pantalla digital está diseñada para trabajar con prismas reflectantes. No obstante, su principal inconveniente es su susceptibilidad a daños ante las condiciones climáticas adversas, lo que la hace menos recomendable en áreas con frecuentes precipitaciones.

2.2.7.2 Estación Total con GPS. El GPS ha revolucionado diversos campos científicos y ha transformado la manera en que se realizan muchas tareas. Esta tecnología se ha integrado en las estaciones totales, permitiendo su uso a largas distancias. Incluso los drones utilizan esta tecnología para su funcionamiento.

2.2.7.3 Estación Total Robótica. Consideradas como las estaciones totales más avanzadas, las estaciones robotizadas ofrecen una capacidad excepcional para medir distancias largas con una precisión casi perfecta. Además, tienen la capacidad de capturar imágenes del terreno que están midiendo. Estas estaciones suelen ser ligeras, resistentes al medio ambiente y están detalladamente descritas en los manuales de operación de cada modelo (Vásquez, 2009).

2.2.7.4 Estación Total electrónica. Describe Calero et al. (2019), es un dispositivo que combina tecnología eléctrica y óptica, frecuentemente utilizado en trabajos de topografía. Este equipo tradicional para levantamientos topográficos cuenta con una memoria interna que permite almacenar la información obtenida de las coordenadas de referencia. Además, tiene la capacidad de tomar medidas de ángulos horizontales en ambas direcciones y ángulos verticales.

2.2.8 Accesorios

Mencionan Martínez et al. (2011), se requieren los siguientes accesorios para utilizar la estación total y trabajar en el campo:

2.2.8.1 Trípode. Este accesorio sostiene la estación total y cuenta con tres patas ajustables en altura, terminadas en puntas para garantizar estabilidad y sujeción en el terreno.

2.2.8.2 Jalón y prisma. Se trata de una barra metálica con extremos puntiagudos para apoyarse en el terreno y una rosca en el extremo superior donde se coloca el prisma. El jalón suele incluir un nivel esférico que reduce el error de verticalidad. Cinta métrica extensible, estacas, clavos, banderolas, maza, entre otros.

Figura 2

Estación Total Leica Modelo TS-06



Fuente: Geosystems, (s.f.)

La estación total combina cuatro equipos en una sola unidad para aumentar la eficiencia en los procesos topográficos, se utilizan herramientas como un distanciómetro láser, un teodolito, un nivel de precisión y una computadora (Hernández, 2011).

Para recolectar datos en el campo, primero se coloca el equipo en un punto específico usando coordenadas conocidas como referencia, y luego se coloca un prisma en el lugar que se quiere medir. La estación total envía una señal hacia el prisma, que se refleja de vuelta al equipo. Esto permite calcular la distancia basada en el tiempo que tarda en regresar. El software integrado en el dispositivo realiza los cálculos automáticamente y entrega las coordenadas y datos requeridos, que luego se guardan para su análisis posterior.

La estación total se emplea principalmente en dos funciones:

- **Levantamiento:** Esta tarea implica la medición y la representación gráfica de la topografía del terreno.
- **Replanteo:** Consiste en trazar sobre el terreno, previamente levantado, el diseño de una obra civil planificada.

Aún con la precisión y eficiencia de la estación total, en ocasiones su rendimiento se ve afectado por restricciones de visibilidad y otros factores. Por lo tanto, es necesario combinar este método con otros que están disponibles en el mercado para asegurar una precisión óptima. En este proyecto, se emplearán dos de estos métodos adicionales con el objetivo de garantizar la precisión deseada (De la Cruz, 2005).

La estación total está compuesta por diversas partes esenciales y ciertos accesorios (Aura, 2015), a continuación, se describen basándose en el modelo de la estación Sokkia y en apuntes de la disciplina de topografía:

La estación total es un equipo esencial que incluye un visor láser, una pantalla y un procesador especializado para calcular y almacenar información.

Figura 3

Partes de la Estación Total



Fuente: Venta de Equipos De Topografía, (2021)

2.2. 9 Componentes principales

2.2.9.1 Mira de aproximación. Utilizada para dirigirse inicialmente hacia el objetivo.

2.2.9.2 Anteojo. Es un telescopio utilizado para observar objetos a distancia, que cuenta con un ocular, un objetivo y un sistema de lentes con retículas para apuntar, pero no son estadimétricos.

2.2.9.3 Nivel esférico. Se utiliza para realizar una nivelación inicial del dispositivo.

2.2.9.4 Nivel tórico o tubular. Este nivel, ubicado sobre la alidada, proporciona una nivelación de alta precisión.

2.2.9.5 Batería recargable. La duración de la batería recargable en servicio varía entre seis y ocho horas, dependiendo del uso del dispositivo y en algunas situaciones laborales en el campo, como la distancia a la que se deben

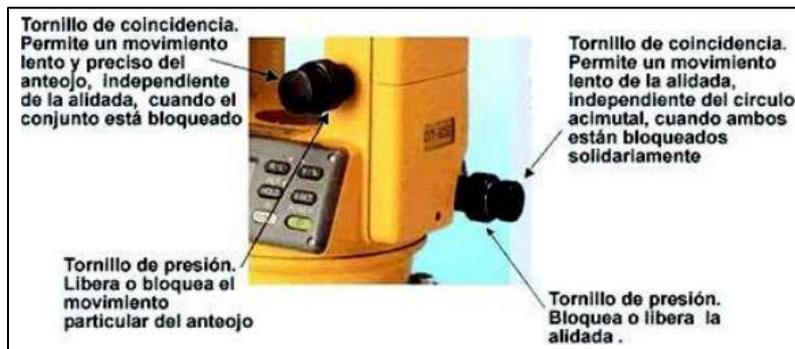
realizar mediciones, la cantidad de mediciones necesarias o la claridad del aire, pueden influir en el desarrollo de las tareas. Bajo condiciones ideales, una carga puede resistir aproximadamente 500 mediciones antes de solicitar una recarga o reemplazo. Es importante tener en cuenta estas variables para asegurar un trabajo eficiente y preciso.

2.2.9.6 Tornillos de coincidencia y presión de movimiento cenital. Se utiliza para fijar o librar el movimiento del anteojo sobre el limbo cenital, y el tornillo de movimientos finos permite realizar ajustes precisos en la dirección.

2.2.9.7 Tornillos de coincidencia y presión de movimiento acimutal. Estos tornillos trabajan de manera similar a los de movimiento cenital, pero se pactan en relación con el limbo horizontal.

Figura 4

Distintos tornillos de la estación total



Fuente: Cruz, (2008)

2.2.9.8 Pantalla digital. Facilita la visualización de todos los datos recopilados y permite operar el instrumento durante la recopilación de estos datos, ya sea mediante el uso del teclado o exclusivamente a través de la pantalla táctil.

2.2.9.9 Teclado. Utilizado para introducir datos en el dispositivo.

2.2.9.10 Conector de comunicación de datos. Se emplea para transferir la información recopilada durante la toma de datos a un ordenador, donde

será procesada consecutivamente. Normalmente, este conector es una entrada USB.

2.2.9.11 Tornillos de nivelación de base. Estos tornillos, que suelen ser tres (en ocasiones cuatro), se utilizan para ajustar el instrumento y garantizar que esté perfectamente nivelado en horizontal y vertical.

2.2.9.12 Base Se refiere a la parte del dispositivo que se monta sobre el trípode adecuado.

2.2.9.13 Base niveladora. Es un accesorio que suele estar integrado en el instrumento y que es necesario para conectar la estación total al trípode y nivelar correctamente. Esta base tiene tres tornillos para nivelar y un nivel circular.

2.2.9.14 Trípode. Se refiere a la estructura utilizada para sujetar y nivelar la estación total.

2.2.9.15 Prisma y bastón porta prisma. Estos elementos se colocan en el punto que no se conoce y captan el láser enviado por la estación total, devolviéndolo al instrumento para medir la distancia. El bastón porta prisma sostiene el prisma y permite ajustar su altura y nivelación para una colocación exacta en el punto desconocido.

Entre los accesorios más habituales se encuentran:

2.2.9.16 Brújula. Normalmente se incluye en el kit y se utiliza para ubicar el equipo con respecto al norte magnético.

2.2.9.17 Cargador. Este dispositivo cuenta con la funcionalidad de cargar dos baterías al mismo tiempo utilizando corriente alterna. Esto significa que puedes cargar dos baterías de manera simultánea, con seis horas aproximadamente de servicio continuo en el campo.

2.2.9.18 Herramientas. Se refiere a un conjunto de herramientas que incluye pinzas, cepillo, destornillador y paño, necesarias para el mantenimiento del equipo.

2.2.9.19 Maleta portátil. Es una caja de plástico resistente que cuenta con un interior acolchonado para proteger lo que guardes dentro, diseñada para transportar el equipo y protegerlo contra golpes y condiciones climáticas adversas.

2.2.9.20 Cable de descarga. Este cable USB facilita la transferencia de información desde el dispositivo a un computador. Además, es posible bajar los datos de manera inalámbrica a través de Bluetooth.

Figura 5

Estación total, prisma y bastón



Fuente: Hernández, (2011)

2.2.10 Funcionamiento de la estación total

Opera según el principio geométrico básico de la triangulación, donde la posición de un punto se calcula utilizando la posición de otros dos puntos conocidos (Cruz, 2008).

2.2.11 Coordenadas de la estación (*Stn Coordinate*)

Se refiere a las coordenadas geográficas precisas del lugar exacto donde se instala la estación total en el terreno. Una vez identificado este punto y conociendo sus coordenadas, se procede a localizar los puntos restantes (Hernández, 2011). Aquí es donde se lleva a cabo el proceso para alinear y nivelar el dispositivo.

2.2.12 Vista atrás (*Back Sight*)

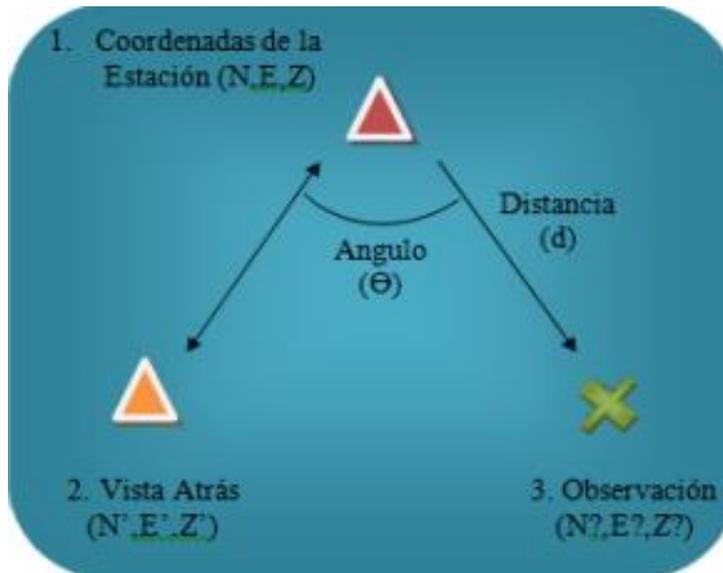
Corresponde a las coordenadas de un punto de referencia que está claramente visible desde la ubicación de la estación total. Este punto de referencia determina la dirección del levantamiento topográfico.

2.2.13 Observación (*Observation*)

Se refiere a cualquier punto en el terreno cuyas coordenadas geográficas se determinan utilizando como referencia las coordenadas que ya se conocen de la estación total y la dirección hacia atrás desde esta ubicación.

Figura 6

Esquema de funcionamiento de la estación total



Fuente: Hernández, (2011)

La estación total se sitúa en el punto 1, cuyas coordenadas son conocidas, y se orienta hacia el punto 2, del cual asimismo tenemos las coordenadas.

En este contexto, el punto 3 es el objetivo cuyas coordenadas vamos a determinar. Se selecciona la ubicación específica del punto 3, hacia donde se dirige la estación total. Esta proporciona datos que incluyen un ángulo θ y el recorrido medido por láser desde la estación total hasta el prisma colocado en el punto 3.

Igualmente, el resumen del procedimiento de campo que se mencionó antes es esencial llevar a cabo una metodología detallada para el trabajo preliminar en la oficina, así como para el procesamiento posterior de datos y el análisis en el gabinete.

2.2.14 Tipos De Levantamiento Topográfico

Actualmente, existen diversos tipos de levantamientos topográficos, pero los ingenieros civiles suelen utilizar principalmente la estación total y el GPS. El levantamiento con estación total es altamente conveniente debido a su capacidad para integrar varias funciones de diferentes equipos en uno solo. Funciona como un teodolito electrónico, una cinta métrica y un microprocesador que hace los cálculos

necesarios para obtener las coordenadas rectangulares de los distintos puntos en el terreno (Hernández et al., 2020).

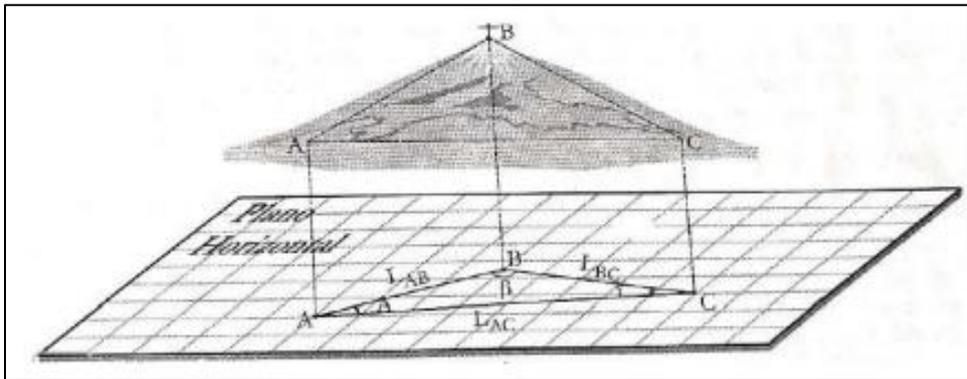
En contraste, el levantamiento mediante un sistema de posicionamiento global (GPS) consta de tres componentes esenciales: hardware, software y tecnología, destacando este último como el más crucial. El hardware del GPS se encarga de recibir las señales satelitales para establecer la ubicación de los puntos que se desean medir en el levantamiento (Pachás, 2009).

2.2.14.1 Levantamiento Topográfico Planimétrico o Horizontal. Según Pérez (2010), la planimetría se enfoca exclusivamente en proyectar el terreno sobre un plano horizontal (vista plana), considerando este plano como una representación media de la superficie terrestre. Esta proyección, conocida como proyección horizontal, se emplea para medir distancias horizontales y calcular el área de un terreno. Para determinar la posición exacta de puntos sobre la tierra, se deben medir con precisión los ángulos y las distancias desde puntos y líneas de referencia proyectadas en un plano horizontal. Este conjunto de líneas se conoce como poligonal base y constituye la red fundamental desde la cual se determina la ubicación de todos los detalles o características naturales y artificiales que resultan relevantes.

El levantamiento topográfico puede resultar en una poligonal cerrada o abierta, según lo que se necesite para el levantamiento. Además, Mendoza (2008), explica que la planimetría se dedica a representar visualmente una porción de terreno sin considerar los desniveles del terreno en cuestión. Para lograr esto, es esencial proyectar todas las distancias inclinadas hacia la horizontal que sean relevantes para la determinación del plano.

Figura 7

Plano Planimétrico

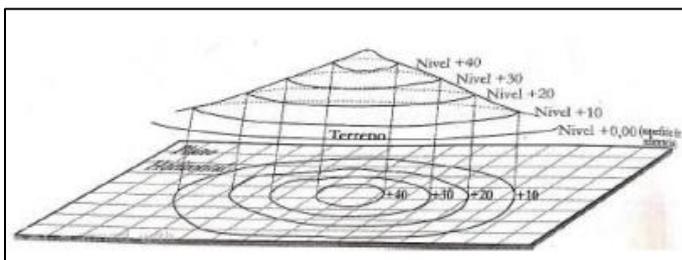


Fuente: Mendoza, (2008)

2.2.14.2 Levantamiento Topográfico Altimétrico o Vertical. Es una técnica esencial dentro de la topografía que se enfoca en la medición de las variaciones de altura entre diferentes puntos de un área determinada. Según lo describe Pérez (2010), la altimetría no solo se limita a identificar las elevaciones y depresiones del terreno, sino que también se ocupa de representarlas de manera precisa mediante la medición de distancias verticales desde un plano horizontal de referencia. Este tipo de levantamiento es crucial para una amplia variedad de aplicaciones, como la construcción de infraestructura, el diseño de sistemas de drenaje, la planificación de obras de ingeniería civil, y la creación de mapas topográficos detallados.

Figura 8

Plano altimétrico



Fuente: Mendoza, (2008)

2.2.14.3 Levantamiento Topográfico Especializados. Wolf y Ghilani (2016), señalan que hay diversos tipos de levantamientos especializados, y que un individuo altamente versado en una de estas áreas concretas, el contacto con otras disciplinas puede ser bastante limitado. Igualmente, los autores mencionan que los levantamientos topográficos son responsables de establecer la posición de características naturales y artificiales, junto con las elevaciones empleadas en la cartografía.

De igual manera, Wolf y Ghilani (2016), hacen hincapié en que los levantamientos topográficos tienen una función fundamental en la determinación de la localización de rasgos naturales y artificiales, así como la medición de elevaciones necesarias para crear mapas.

Seguidamente, se exponen algunas de las principales categorías de levantamientos topográficos, cada una con un propósito específico y vital en diferentes campos:

Levantamientos de control: Estos levantamientos son fundamentales para establecer una red de referencia precisa que abarca tanto la señalización horizontal como la vertical. Esta red sirve como base para otros levantamientos topográficos, proporcionando puntos de referencia estables y exactos. Los levantamientos de control son esenciales en proyectos de gran escala, donde la consistencia y precisión en las mediciones son cruciales para la integración de datos en diversas etapas del proyecto.

Levantamientos catastrales de terrenos y linderos: Los levantamientos catastrales son indispensables para definir con exactitud las líneas de propiedad y los puntos clave que delimitan un terreno. Estos levantamientos son especialmente importantes en la resolución de disputas de propiedad y en la planificación urbana, ya que determinan los límites legales de las propiedades. En contextos federales, el término "catastral" se emplea comúnmente para referirse a levantamientos de terrenos que pertenecen al gobierno o a entidades públicas.

Levantamientos hidrográficos: Este tipo de levantamientos se enfoca en la medición y representación de los límites costeros y las profundidades de cuerpos de agua, como lagos, ríos, océanos y embalses. Los levantamientos hidrográficos son esenciales para actividades como la navegación, la gestión de recursos hídricos y la planificación de infraestructuras costeras. Además, los levantamientos marinos, que forman parte de esta categoría, están vinculados directamente con actividades industriales en puertos y áreas costeras, asegurando la seguridad y eficiencia de las operaciones marítimas.

Levantamientos de rutas: Estos levantamientos son cruciales en la programación, el diseño y la construcción de proyectos lineales como carreteras, ferrocarriles y tendidos de tuberías. Los levantamientos de rutas generalmente comienzan desde un punto de control y avanzan a lo largo de la ruta planificada, adaptándose a las condiciones del terreno. Este tipo de levantamiento es esencial para garantizar que el diseño y la construcción de las infraestructuras sigan el trazado planificado de manera precisa, optimizando los recursos y minimizando los impactos ambientales.

Levantamientos de construcción: Estos levantamientos proporcionan información detallada y precisa sobre diversos elementos esenciales para el desarrollo de una obra. Los datos obtenidos a través de estos levantamientos aseguran que todas las actividades de construcción se realicen conforme a los planos y especificaciones, y son fundamentales para calcular con precisión los pagos a los contratistas y subcontratistas, así como para controlar la calidad y el progreso del proyecto.

Levantamientos de obra finalizada: Una vez completado un proyecto de construcción, se llevan a cabo levantamientos para registrar las posiciones y dimensiones finales de los elementos tal como fueron construidos. Estos levantamientos son esenciales para documentar el cumplimiento con los diseños originales y para proporcionar un registro preciso de la obra completada. Según McCormac (2007), este tipo de levantamientos también sirve como referencia para futuras modificaciones o ampliaciones del proyecto, asegurando que cualquier cambio posterior se realice sobre una base de datos fiable y precisa.

Según Pérez (2010), la fotogrametría es uno de los métodos destacados dentro de los levantamientos especializados, se utiliza para realizar levantamientos aéreos a través de fotografías aéreas tomadas desde aviones. Este método, conocido comúnmente como fotogrametría en el campo de la topografía, se emplea como un valioso complemento y ayuda adicional para los levantamientos topográficos.

2.2.14.4 Levantamiento Topográfico en red de distribución de agua potable. En el contexto de la planificación de proyectos como el desarrollo de un sistema de suministro de agua potable o una red de alcantarillado, la realización de levantamientos topográficos adquiere una relevancia crucial. Según García (2005), este proceso no solo es fundamental, sino que también requiere de una atención meticulosa para asegurar que cada etapa se ejecute correctamente, garantizando así la eficiencia y precisión en la implementación de la infraestructura (p.317).

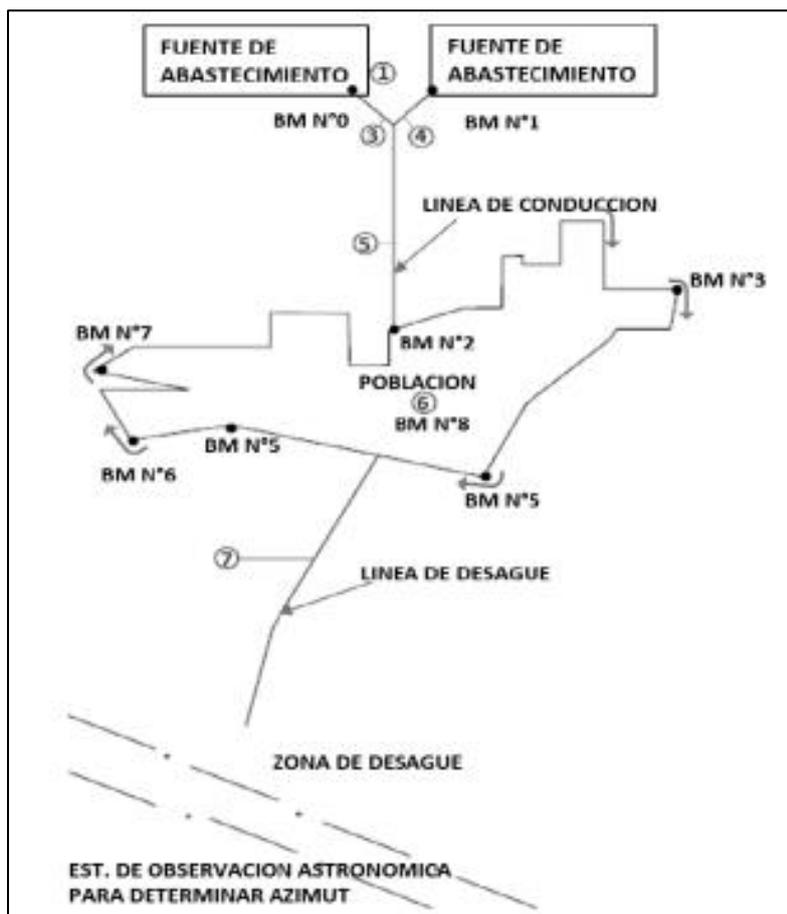
El primer paso en este tipo de levantamientos, como señala García (2005), es el reconocimiento inicial del área. Este reconocimiento se lleva a cabo utilizando instrumentos portátiles de precisión limitada, tales como brújulas, podómetros, aneroides o altímetros. Estos instrumentos, aunque básicos, ayudan a obtener una idea inicial de las características y condiciones del terreno relevantes para el proyecto. Durante este proceso, se registra de manera detallada y ordenada toda la información recopilada. Los datos registrados incluyen direcciones de líneas, distancias aproximadas, altitudes (si se utiliza un altímetro) y presiones (cuando se emplea un aneroides), así como las características topográficas del terreno, las temperaturas, y las condiciones ambientales en el momento de las observaciones, como la hora y la fecha.

El reconocimiento inicial no solo sirve para obtener datos preliminares, sino que también permite a los ingenieros y topógrafos familiarizarse con el terreno y anticipar posibles desafíos que puedan surgir durante las etapas posteriores del levantamiento. Esta fase es crucial para garantizar que las mediciones sean precisas y que los datos obtenidos reflejen fielmente las condiciones del terreno.

Una vez completado el reconocimiento y recopilada toda la información relevante, se procede a la elaboración de un Diagrama de Operaciones Topográficas. Este diagrama es una herramienta esencial que organiza y secuencia las diferentes etapas del levantamiento topográfico. Es decir, indica el orden en que deben realizarse las mediciones y otras actividades relacionadas, asegurando que el levantamiento se lleve a cabo de manera eficiente y sin omisiones. Este diagrama facilita la coordinación entre los diferentes equipos de trabajo y asegura que todas las áreas del terreno sean cubiertas adecuadamente.

Figura 9

Diagrama de operaciones topográficas



Fuente: García, (2005)

2.2.18 Precisión y exactitud

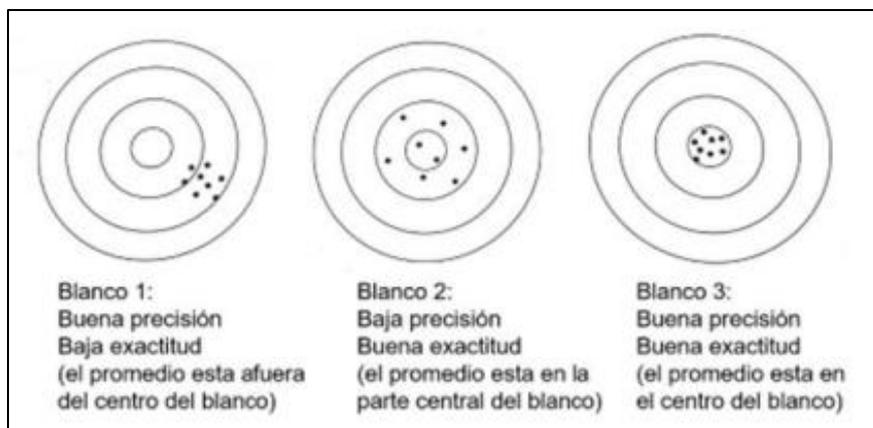
Según los investigadores Martínez et al. (2011), se establece que, al medir una longitud en múltiples ocasiones, se obtendrán varios valores distintos. La discrepancia entre estas mediciones es lo que se conoce como discrepancia, y cuanto menor sea esta discordancia, cuanto más grande sea, es más probable que la medida obtenida sea considerada aceptable.

Por otro lado, Mc Cormac (2007), señala que la precisión se refiere al grado de precisión alcanzado en las mediciones, indicando qué tan cerca están estas mediciones de los valores verdaderos de las magnitudes (p.14).

La precisión aparente, se refiere al nivel de refinamiento con el que se realiza una medición particular. En otras palabras, indica qué tan cerca está una medición de otra. Cuando una cantidad se mide repetidamente y los resultados son muy próximos entre sí, se dice que es alta. Este concepto se puede observar, donde se presenta un método comúnmente utilizado por los profesores de topografía para diferenciar entre exactitud y precisión (McCormac, 2007).

Figura 10

Exactitud y precisión Exactitud y precisión



Fuente: McCormac, (2007)

2.2.18 Curvas de nivel

Las curvas de nivel, también conocidas como líneas de contorno, se referían a trazos dibujados en un plano, los cuales indicaban una misma altitud en relación con las variaciones de la superficie, como elevaciones y depresiones, tanto en un plano bidimensional como tridimensional. Estas líneas podían representar altitudes situadas por encima o por debajo del nivel del mar. A pesar de que todas las curvas de nivel eran líneas cerradas, en algunos casos, su cierre no era evidente en el dibujo. Además, era fundamental que estas líneas no se interceptaran entre sí, ya que esto alteraría la representación precisa del terreno (Navarro, 2008).

En la práctica, la mayoría de las líneas de contorno eran irregulares debido a la manera en que se recopilaban los datos topográficos. Los puntos específicos del terreno se registraban durante el proceso de levantamiento, y los puntos intermedios se interpolaban utilizando métodos como la triangulación. Esto aseguraba que la topografía del terreno se representara de manera precisa en el plano. La diferencia de altitud entre dos líneas de contorno se conocía como equidistancia o intervalo entre líneas de contorno. Estas líneas cerradas, al ser representadas en planos o mediante software de ingeniería, podían indicar tanto elevaciones como depresiones del terreno. La interpretación de estas características se facilitaba considerablemente cuando se utilizaba software con visualización en 3D, ya que permitía una mejor comprensión de las variaciones altitudinales del terreno (Díaz & Rodríguez, 2022).

2.2.17 Propiedades de las curvas de nivel

Las curvas de nivel presentaban varias propiedades clave. Una de las más importantes era que todas las líneas de contorno debían cerrarse sobre sí mismas, ya fuera dentro o fuera del plano. Las distancias entre estas líneas proporcionaban información específica sobre la pendiente del terreno. Por ejemplo, líneas de contorno muy irregulares indicaban un terreno abrupto, mientras que aquellas con un espaciado amplio sugerían pendientes más suaves. Por otro lado, un espaciado estrecho entre las líneas denotaba pendientes pronunciadas, y un espaciado uniforme era indicativo de una pendiente constante (Hernández, 2011).

En proyectos de construcción como presas de tierra, diques, carreteras y canales, las curvas de nivel podían presentar líneas rectas o con una gradación uniforme. Además, las curvas de nivel cruzaban las vías inclinadas formando patrones característicos en forma de V o U, lo cual ayudaba a los ingenieros y topógrafos a interpretar la topografía del terreno y planificar adecuadamente el diseño de estas infraestructuras (Díaz & Rodríguez, 2022).

2.2.18 Tipos de curvas de nivel

Las curvas de nivel se clasificaban en varios tipos, cada una con funciones específicas en la representación topográfica. Una de las reglas fundamentales era que una línea de contorno nunca debía dividirse en dos líneas de la misma elevación ni cruzarse con otra, ya que esto podría llevar a errores en la interpretación del terreno. Así lo menciona el autor Navarro (2008), los tipos son los siguientes:

2.2.18.1 Líneas principales o maestras. Las líneas principales o maestras eran más anchas y se utilizaban para indicar la altitud numéricamente. Estas líneas se dibujaban cada cinco curvas para facilitar la interpretación del plano. La inclusión de estas líneas maestras permitía a los usuarios del plano identificar rápidamente las altitudes más significativas y comprender mejor las variaciones del terreno.

2.2.18.2 Líneas intermedias. Las líneas intermedias, más delgadas y generalmente sin indicación numérica de altitud, podían deducirse fácilmente utilizando como referencia las líneas maestras y considerando la distancia entre ellas según la escala del plano. Estas líneas proporcionaban detalles adicionales sobre la topografía del terreno sin sobrecargar el plano con información excesiva.

2.2.18.3 Líneas suplementarias. Las líneas suplementarias, representadas como líneas punteadas en el plano, no mantenían una equidistancia normal y, por lo tanto, debían ser etiquetadas con alturas específicas. Estas líneas se utilizaban para representar detalles adicionales del terreno que no se

capturaban mediante las líneas principales o intermedias, proporcionando así una representación más completa y precisa del área topografiada.

Finalmente, se destacaba que la Estación Total era uno de los dispositivos topográficos más utilizados tanto a nivel nacional como internacional, debido a su eficiencia, calidad y precisión. Esta versatilidad la hacía adecuada para una amplia variedad de trabajos topográficos en entornos urbanos y rurales, lo que la convertía en una herramienta indispensable en la práctica de la topografía moderna (Hernández, 2011).

2.2.19 RTK

Para empezar, es importante comprender que un receptor RTK, que significa "Posicionamiento Cinemático en Tiempo Real" (del inglés Real Time Kinematic), es una técnica frecuentemente empleada en topografía, en maquinaria agrícola y en la navegación marítima. Esta técnica se basa en el uso de señales de navegación GPS, GLONASS y/o Galileo para realizar mediciones de fase. Cuando se emplea la red GPS, el sistema también es conocido como DGPS, que significa Corrección Diferencial de la Fase del Portador. El posicionamiento RTK, por su parte, es similar al levantamiento radial que se realiza con una estación total, ya que una única estación de referencia envía correcciones en tiempo real, permitiendo alcanzar una precisión en el rango submétrico (Stewart, 2021).

Las ventajas principales del sistema RTK es que no necesita procesar los datos después de la medición para obtener la posición final, lo que permite realizar levantamientos topográficos de forma directa y eficiente en el campo. Esto significa que el topógrafo puede verificar la calidad de las mediciones de inmediato, sin necesidad de esperar a procesar los datos (Li et al., 2022).

Figura 11

RTK



Fuente: Stewart, (2021)

2.2.20 Función del RTK

El principal objetivo del sistema RTK es mejorar la precisión de un receptor GNSS estándar. Los receptores GNSS comunes, como los que se encuentran en un teléfono inteligente, pueden localizar una posición con una precisión de entre 2 y 4 metros. Sin embargo, al utilizar la tecnología RTK, se puede lograr una precisión de hasta un centímetro. Generalmente, los receptores GNSS calculan la posición midiendo el tiempo que la señal necesita para recorrer la distancia desde el satélite hasta el receptor (Velasco, 2021).

Las señales transmitidas deben atravesar la ionosfera y la atmósfera, donde pueden ser ralentizadas y perturbadas por diversas condiciones, como el clima. Estas alteraciones hacen que sea difícil para un receptor independiente determinar su posición con alta precisión, y es aquí donde entra en juego la tecnología RTK para solucionar este problema (Stewart, 2021).

Al medir con un receptor GPS, se crean vectores tridimensionales que proporcionan datos sobre el trecho, la orientación y la diferencia de altura entre los puntos. Aunque no es indispensable tener una línea de vista clara entre los puntos estudiados, es esencial mantener una línea de vista clara con un número adecuado de satélites para garantizar la precisión de la medición. Esto permite al software

calcular con precisión las diferencias en las coordenadas dentro de un sistema determinado.

Figura 12

Receptor GPS



Fuente: Stewart, (2021)

Velasco (2021), señala que el receptor realiza sus mediciones desde el centro de su antena, y la altura de esta se utiliza para ajustar la medición en el punto ubicado directamente debajo del instrumento. Esto resalta la importancia de la altura de la antena como un factor clave en las mediciones. Aunque comúnmente se separan las dimensiones horizontal y vertical, las mediciones proporcionadas por GPS son completamente tridimensionales y no pueden analizarse de manera aislada. Por esta razón, es fundamental contar con una base fija para realizar levantamientos topográficos utilizando RTK.

Entre los equipos adicionales que suelen emplearse en las mediciones se incluyen varios elementos esenciales. Entre ellos están la antena base y la antena móvil GPS, que cuentan con radios integrados para mejorar la comunicación. También se utiliza una antena de triple banda que se conecta a una batería para asegurar su funcionamiento continuo. La controladora inalámbrica para GPS facilita la operación remota del sistema, mientras que el trípode con plato nivelante y plomada óptica garantiza una colocación precisa y estable del equipo. Finalmente, el bastón telescópico permite ajustar y manejar los equipos de manera más versátil y cómoda.

La conexión entre el receptor de referencia y los receptores móviles se realiza mediante un sistema de telecomunicaciones que facilita el envío de datos. El alcance de esta comunicación varía según los modelos de los receptores, y las distancias entre ellos suelen oscilar entre 3 y 25 km. Esto significa que no es necesario que los puntos estén a la vista unos de otros para llevar a cabo el levantamiento topográfico.

Problemas de comunicación entre los receptores

Según Cruz y Escobar (2021), la estación base debe situarse en un punto lo más elevado posible, mientras que la altura del estadal, donde se coloca la antena móvil, debe ajustarse según los requisitos de los puntos que se desean medir. Las coordenadas de estos puntos se obtienen utilizando el sistema de referencia WGS84; sin embargo, la metodología RTK permite trabajar con diferentes proyecciones y sistemas de referencia. Esto significa que es posible obtener coordenadas directamente en la proyección UTM o en cualquier otro sistema de referencia local empleado para la georreferenciación. La precisión de las coordenadas obtenidas durante un levantamiento depende de diversos factores, como las condiciones climáticas, la precisión de los equipos, la cantidad de satélites disponibles al momento de la medición, y posibles errores accidentales.

Al final de cada jornada de trabajo, los puntos medidos en el campo se importan a una computadora, lo que permite verificar que toda la zona de interés ha sido cubierta adecuadamente y que no quedan áreas sin un número suficiente de puntos, asegurando así una configuración precisa del terreno. Este tipo de levantamiento, conocido como cinemático en tiempo real (RTK), utiliza una estación base de referencia equipada con un sistema de radio que transmite datos de corrección diferencial. El receptor móvil, o rover, está equipado con una radio interna que recibe tanto la señal de la estación base como las señales directas de los satélites a través de su antena. Estos datos se procesan simultáneamente para resolver las ambigüedades y lograr una alta precisión en la posición, con un margen de error de aproximadamente 1 a 2 centímetros en relación con la estación base, todo en tiempo real gracias al software del receptor.

Como señala Oropeza (2023), aunque generalmente los sistemas RTK GNSS utilizan un pequeño radio módem UHF, muchos usuarios enfrentan problemas de

comunicación debido a la pérdida de señal con la estación base. Por lo tanto, es crucial considerar factores como la potencia del transmisor de radio y la altura de la antena para optimizar y mejorar el rendimiento del sistema de radio

2.2.21 GNSS

El avance en la tecnología de cálculo de posicionamiento terrestre dio un gran salto con la introducción de los sistemas satelitales GNSS, que permitieron medir coordenadas geográficas en cualquier lugar del planeta, ya sea en el mar, en el aire o en la cima de una montaña (Zidan et al., 2020). Si trabajas en topografía o en un campo relacionado, probablemente ya estés familiarizado con este concepto. No obstante, si no es así, queremos empezar desde lo más básico y evitar el uso de tecnicismos, para que puedas entender mejor este sistema crucial y su origen (TOPOSERVIS, 2021).

Figura 13

GNSS



Fuente: TOPOSERVIS, (2021)

2.2.22 Origen del GNSS

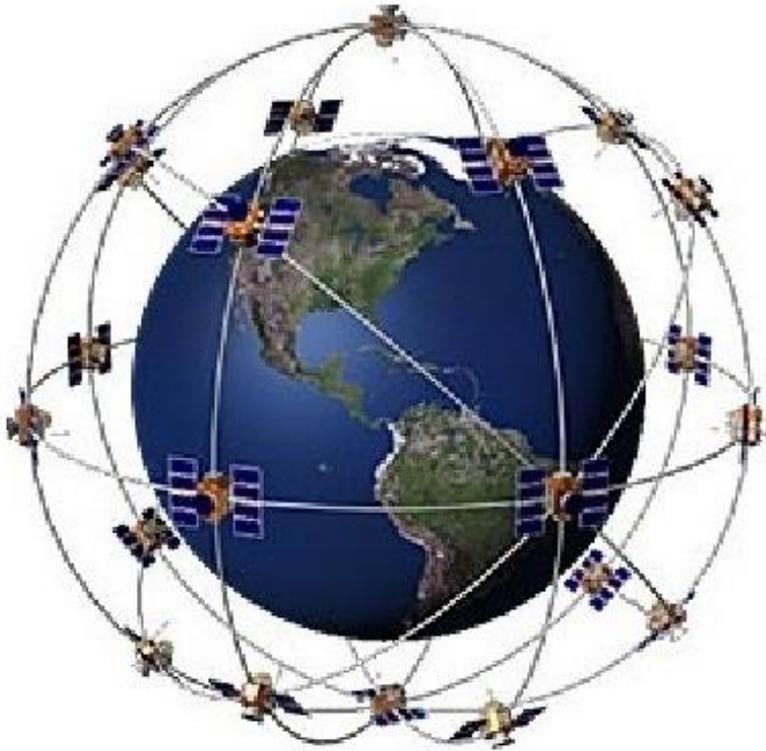
GNSS, que significa Sistemas Globales de Navegación por Satélite, abarca una serie de sistemas de navegación satelitales, como el GPS, el GLONASS, y el más nuevo, Galileo. Estos sistemas proporcionan cobertura global y permiten un posicionamiento geoespacial autónomo (Gazpio, 2018). La historia del GNSS se remonta a la década de 1970, con el desarrollo del sistema estadounidense GPS, inicialmente creado para uso militar. Este desarrollo fue acelerado por un incidente en 1983, cuando dos aviones soviéticos ingresaron accidentalmente en el espacio aéreo ruso debido a un error de localización (García, 2008).

No fue hasta mediados de la década de 1990 que el GPS comenzó a ser utilizado para fines civiles, no solo en Estados Unidos, sino también a nivel global, gracias a acuerdos entre el gobierno estadounidense y varios países. Dado que durante un tiempo el único sistema operativo era el estadounidense, lo que otorgaba un control significativo sobre la señal civil del GPS, muchos países decidieron desarrollar sus propios sistemas de navegación por satélite para no depender exclusivamente de Estados Unidos. Así surgieron los diversos sistemas GNSS que conocemos hoy en día, utilizados en todo el mundo (Gazpio, 2018).

Un sistema GNSS consta de una constelación de satélites artificiales que orbitan la Tierra a aproximadamente 20,000 km de altitud, distribuidos en diferentes planos orbitales. A través de las señales que emiten, estos satélites permiten determinar con precisión la posición tridimensional de un receptor en la Tierra (García, 2008).

Figura 14

Sistema GNSS



Fuente: TOPOSERVIS, (2021)

2.2.23 Funcionamiento del GNSS

Para calcular la posición tridimensional de un objeto en la Tierra, se mide la distancia desde al menos tres satélites con posiciones conocidas, y un cuarto satélite se utiliza para determinar la altitud. Esto requiere una constelación de satélites artificiales que orbiten la Tierra y ofrezcan cobertura global (Hormazábal, 2023).

Los satélites envían su posición a los receptores en la Tierra (como los GPS) mediante datos llamados efemérides. Con esta información, se puede medir la distancia entre el receptor y los satélites, basándose en el tiempo que tardan las señales GNSS en viajar desde los satélites hasta el receptor (García, 2008).

Figura 15

Posición tridimensional



Fuente: TOPOSERVIS, (2021)

Dado que las señales viajan a la velocidad de la luz, incluso pequeños errores en el tiempo pueden resultar en diferencias de varios kilómetros en las mediciones. Por eso, los relojes de los satélites GNSS son cruciales para la precisión de estos sistemas.

Este sistema complejo se divide en tres segmentos principales, que se encargan de la gestión, control y mantenimiento de los GNSS. Además, se ocupan de supervisar toda la transmisión que emite la constelación de satélites en el espacio.

Sistema Satelital

Este sistema consta de una red de entre 24 y 27 satélites distribuidos en 6 planos orbitales, que envían señales a receptores en todo el mundo. Cada satélite sigue una órbita elíptica y está ubicado en uno de estos planos con una inclinación de 55° respecto al plano ecuatorial, asegurando una cobertura global. Para facilitar su identificación, los satélites se nombran con letras que indican su plano orbital, como A, B, C, D y F. Por ejemplo, el satélite 4B se refiere al satélite número 4 del plano orbital B.

Sistema de Control Terrestre

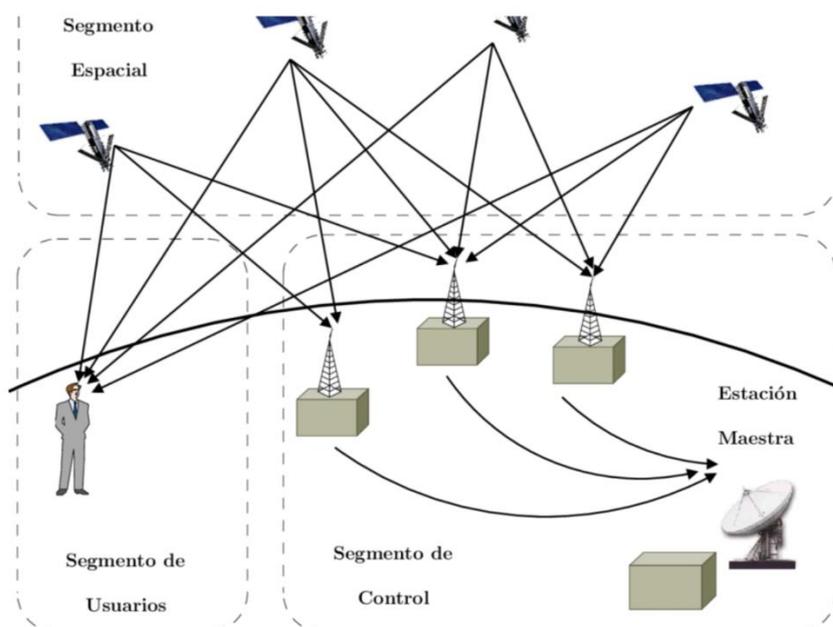
El sistema de control terrestre se basa en una red de estaciones de seguimiento ubicadas en diferentes partes del mundo, que supervisan constantemente los satélites. Su labor se puede desglosar en tres funciones principales:

- Controlar el estado y la posición de los satélites.
- Recibir las señales emitidas por los satélites.
- Corregir las órbitas (efemérides) a través de una estación principal, para garantizar el buen funcionamiento de los relojes y osciladores de cada satélite.

Una vez realizados los ajustes, estos se transmiten a los receptores de GPS en la Tierra mediante señales de radio.

Figura 16

Sistema de Control Terrestre



Fuente: TOPOSERVIS, (2021)

Sistema de Usuario

Los receptores GNSS son dispositivos que captan las señales emitidas por los satélites y se emplean para determinar con precisión la posición de un objeto, la

navegación o la sincronización del tiempo. Estos dispositivos están compuestos por varios elementos clave, entre los que se incluyen:

Antena receptora GNSS: Encargada de captar las señales a la frecuencia operativa del sistema, con una cobertura hemisférica omnidireccional.

Receptor: Componente que procesa las señales recibidas, transformando la alta frecuencia captada en la antena en una frecuencia más baja, manejable por la electrónica del receptor.

Las Señales

Dado que las señales emitidas por los satélites son fundamentales en el funcionamiento de los GNSS, es relevante profundizar en este aspecto. Estas señales, conocidas también como efemérides, contienen códigos y datos de navegación que permiten a los usuarios calcular el tiempo de viaje, así como la posición o coordenadas del satélite. Los aspectos más importantes de estas señales incluyen:

Señal portadora: Es una señal de radiofrecuencia que vibra a una frecuencia particular, distinta de la utilizada para transmitir los datos de navegación.

Código de alineación: Es una secuencia de bits que permite a los receptores determinar el tiempo que la señal tarda en viajar desde el satélite hasta el receptor ubicado en la Tierra.

Datos de navegación: Consisten en un mensaje binario que entrega información sobre las señales emitidas por los satélites, incluyendo detalles sobre la precisión y la polarización del reloj.

El sistema GPS, introducido en 1996, marcó un cambio significativo en la disponibilidad de productos y servicios, transformando radicalmente la manera en que las personas viven y llevan a cabo sus actividades cotidianas. Aunque el GPS comenzó a aplicarse para fines civiles en los años 80, hoy en día es una herramienta indispensable en diversos sectores.

Por ejemplo, el GPS es fundamental en aplicaciones militares, como en el ejército, la infantería y la marina. Además, en el ámbito global, se utiliza en la aviación, en navegadores GPS para automóviles, en deportes, en la telefonía móvil, en la agricultura y en muchos otros campos. Esta tecnología no solo permite visualizar la ubicación en un mapa en tiempo real, sino también utilizar rastreadores para personas y objetos, lo que mejora la vida diaria y la seguridad de la población.

2.2.24 Diferencia entre el GNSS y GPS

Hablar de GNSS y GPS puede resultar confuso, ya que estos términos suelen utilizarse de manera indistinta, aunque tienen diferencias importantes. Por ello, el propósito de este artículo es aclarar ambos conceptos, asegurando que no quede ninguna duda al respecto.

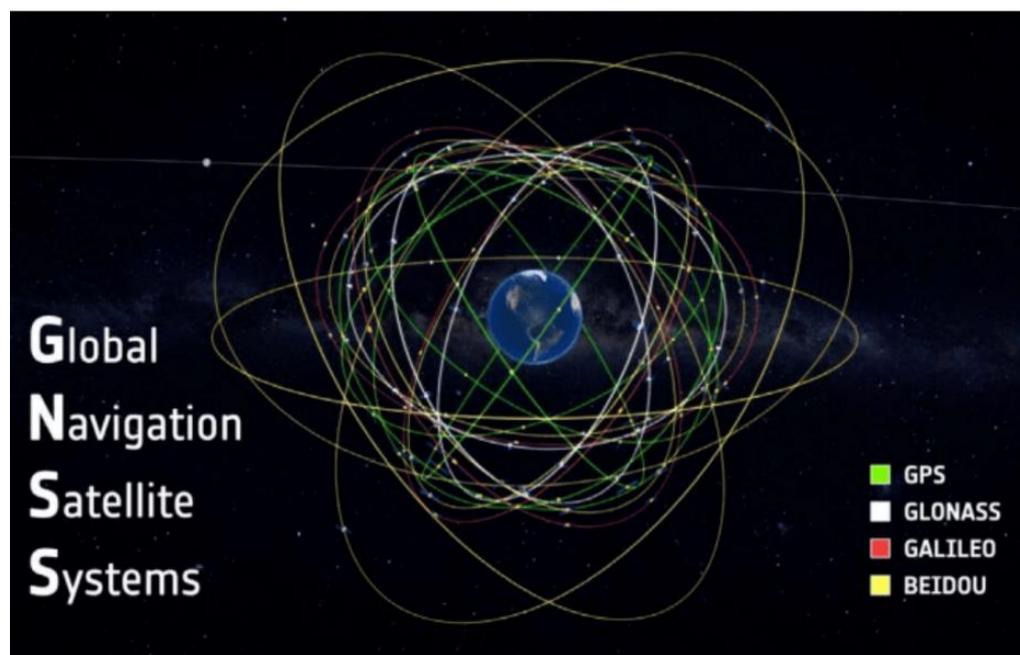
El Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) se refiere a un conjunto de sistemas de navegación que incluyen el GPS, GLONASS, Galileo, entre otros. Estos sistemas permiten determinar la posición tridimensional de un receptor en la Tierra mediante las señales que emiten los satélites. Gracias a estas señales, es posible obtener coordenadas exactas en cualquier ubicación del planeta, ya sea en tierra, en el mar o en el aire (Terán, 2022).

El GPS, que es uno de los sistemas más conocidos dentro del GNSS, fue desarrollado por Estados Unidos y es el más utilizado a nivel mundial. Sin embargo, GNSS no se limita solo a este sistema; incluye la contribución de diversos sistemas de posicionamiento desarrollados por otros países. Estos sistemas tienen el mismo objetivo: proporcionar posicionamiento satelital en todo el mundo, aumentando la precisión y disponibilidad de la señal, especialmente en áreas donde el GPS por sí solo podría no ser suficiente.

Así, mientras que el GPS es un componente del GNSS, este último abarca un espectro más amplio, integrando múltiples sistemas que colaboran para ofrecer una cobertura global y mejorar la exactitud del posicionamiento satelital en distintas condiciones y regiones del planeta. Al entender estas diferencias, se facilita la comprensión de cómo funciona la tecnología de navegación por satélite y cómo se integran los diferentes sistemas para ofrecer servicios que hoy en día son fundamentales en numerosos aspectos de la vida cotidiana.

Figura 17

Tecnología de navegación por satélite



Fuente: TOPOSERVIS, (2021)

Es importante entender que el GPS y el GNSS no son conceptos aislados, sino que están estrechamente relacionados, siendo el GPS una parte integral del GNSS. Para ilustrar esta relación, imaginemos que el GNSS es como un restaurante que ofrece una variedad de platillos. El GPS sería el platillo estrella, el más popular entre los clientes, pero no es el único en el menú. Otros sistemas como GLONASS y Galileo serían los otros platillos disponibles (Galárraga & Jaramillo, 2021).

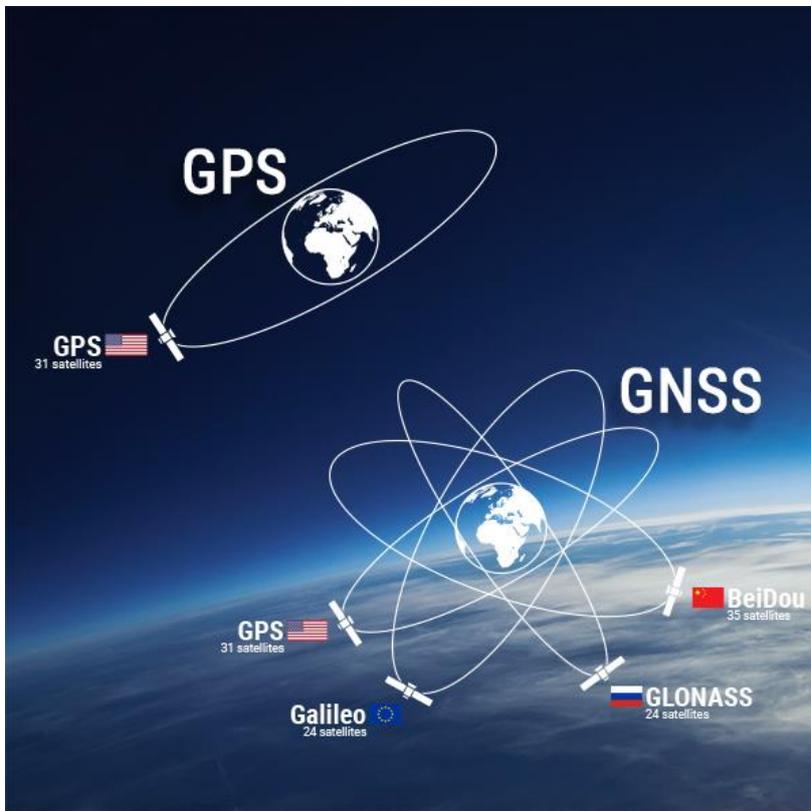
Desde un punto de vista más técnico, el GNSS funciona en conjunto con sistemas como el GPS. Todos los receptores GNSS son compatibles con GPS, pero no todos los receptores GPS son compatibles con GNSS. En otras palabras, un receptor GPS se limita a trabajar exclusivamente con señales GPS, mientras que un receptor GNSS puede procesar señales de varios sistemas satelitales, no solo GPS.

Hoy en día, la tendencia es utilizar receptores multifrecuencia, que pueden procesar señales de GPS, GLONASS, y en algunos casos, Galileo. Aunque Galileo aún no es tan ampliamente funcional como los otros sistemas, su integración con receptores GNSS demuestra el avance hacia una navegación más precisa y confiable. Así, comprender la relación entre GPS y GNSS nos permite apreciar cómo

estos sistemas trabajan juntos para ofrecer soluciones de posicionamiento global más robustas y versátiles.

Figura 18

GNSS y GPS



Fuente: TOPOSERVIS, (2021)

El GNSS y el GPS se han convertido en tecnologías esenciales en una amplia gama de aplicaciones, desde el seguimiento y mapeo hasta su uso en maquinaria industrial, embarcaciones marítimas, navegación aérea y automóviles. Su versatilidad ha permitido su integración en numerosos sectores, mejorando significativamente la precisión y eficiencia en distintas operaciones.

La diversidad de receptores GNSS es considerable, lo que complica su clasificación debido a sus variadas aplicaciones y características. Sin embargo, se pueden organizar en función de si operan únicamente con código o con código y fase, y dentro de esta última categoría, se distinguen los que funcionan con una o dos fases. Por ejemplo, hay receptores diseñados específicamente para topografía y geodesia, otros portátiles para cartografía (GIS), y algunos destinados a estaciones de referencia o agricultura de precisión. También existen receptores específicos para la

navegación aérea y dispositivos orientados a actividades recreativas como el ocio, el fitness y los deportes.

Además de su clasificación por función, los receptores GNSS pueden clasificarse según la constelación con la que operan. Las constelaciones más destacadas incluyen GALILEO, un sistema independiente administrado por la Unión Europea; GPS, de origen militar bajo el control de Estados Unidos; GLONASS, también de origen militar pero gestionado por Rusia; y BEIDOU, operado por China. Cada una de estas constelaciones ofrece diferentes niveles de precisión y cobertura, lo que influye en la elección del receptor según la aplicación específica.

La evolución continua de la tecnología GNSS ha ampliado sus aplicaciones en diversos campos, destacándose en la agricultura de precisión, donde su capacidad para proporcionar datos exactos permite optimizar las labores agrícolas y maximizar los rendimientos. En el ámbito de la topografía y la geodesia, estos sistemas han revolucionado las mediciones, ofreciendo una precisión sin precedentes y reduciendo el tiempo necesario para completar los trabajos de campo. Así, el GNSS y el GPS siguen consolidándose como herramientas fundamentales en la era digital, con un impacto duradero en múltiples industrias. Cada uno de estos sistemas ofrece distintas ventajas y se adapta a necesidades específicas, desde aplicaciones militares hasta uso recreativo y profesional en campos como la agricultura de precisión o la navegación.

Cada uno de estos sistemas ofrece distintas ventajas y se adapta a necesidades específicas, desde aplicaciones militares hasta uso recreativo y profesional en campos como la agricultura de precisión o la navegación.

2.2.25 Levantamiento topográfico con RTK (Real Time Kinematic)

El levantamiento topográfico con RTK (Real Time Kinematic) ofrece un resultado tangible en forma de un plano que representa fielmente una determinada área. Para alguien que no está familiarizado con la topografía, detalles como el tiempo de posicionamiento, el sistema de coordenadas utilizado, o el momento en que se realizó el levantamiento pueden parecer irrelevantes. Estos son aspectos que apasionan a los profesionales del campo, pero que a menudo se perciben como

retóricos por aquellos que solo buscan un plano preciso y útil para sus necesidades (Pinto, 2019).

Lo realmente importante para el usuario de la topografía es recibir un plano que refleje con exactitud la realidad de su área de interés. Por lo tanto, la ejecución del levantamiento de detalles debe considerarse como una prioridad absoluta dentro del proceso topográfico. No se trata simplemente de acumular una gran cantidad de puntos; el verdadero desafío para el topógrafo es aplicar su formación y experiencia para capturar cada detalle de manera precisa, reduciendo así la necesidad de realizar correcciones o ediciones extensivas durante el procesamiento de la información en la oficina. En definitiva, el objetivo es entregar un producto final que cumpla con las expectativas y necesidades del cliente, minimizando los ajustes posteriores.

Una de las principales ventajas del levantamiento topográfico con RTK es la capacidad que ofrece al topógrafo para controlar y registrar la información en tiempo real, lo que permite guiar el proceso de levantamiento con su criterio profesional. Este control directo es fundamental para asegurar que los detalles capturados sean precisos y completos.

Al igual que en un levantamiento topográfico convencional, el proceso con RTK comienza con la materialización de una base topográfica y la determinación de sus coordenadas, utilizando el método más adecuado o disponible, como se mencionó anteriormente. Realizar un recorrido preliminar del área a levantar, siempre que sea posible, se convierte en una herramienta invaluable para la planificación y ejecución del levantamiento. Este recorrido permite al topógrafo familiarizarse con la ubicación y las características del sitio antes de iniciar el trabajo de campo.

Describe Pinto (2019), que este reconocimiento previo puede realizarse de diversas maneras: a través de imágenes satelitales, utilizando herramientas como Street View, revisando fotografías aéreas, planos de estudios anteriores, o incluso mediante fotografías existentes del área. Al tener un conocimiento previo del terreno, el topógrafo puede planificar de manera más eficiente el levantamiento, anticipando posibles desafíos y optimizando el proceso de captura de datos. Esto no solo mejora la precisión del trabajo, sino que también contribuye a una ejecución más fluida y efectiva del levantamiento topográfico.

2.2.26 Medición RTK (Real Time Kinematic)

El receptor GNSS en modo RTK (Cinemático en Tiempo Real) es un instrumento avanzado que utiliza señales satelitales para determinar con alta precisión la posición de un punto en el terreno. La exactitud de las mediciones depende tanto de la calidad del equipo utilizado como de la cantidad de satélites disponibles en el momento de la observación (Jimenez et al., 2019).

El método RTK es conocido por ser rápido, cómodo y capaz de proporcionar precisiones muy aceptables. Este método se basa en el uso de dos receptores GPS: uno fijo y otro móvil. El receptor fijo, también conocido como estación de referencia, se coloca sobre un punto cuyas coordenadas son ya conocidas. Durante la medición, el receptor fijo observa las señales de los satélites y calcula en tiempo real las ambigüedades o errores presentes en las mediciones (Pinto, 2019).

Estas correcciones son transmitidas instantáneamente al receptor móvil a través de un sistema de telecomunicaciones por radiofrecuencia, permitiendo que las coordenadas obtenidas por el receptor móvil sean las definitivas, eliminando la necesidad de un procesamiento posterior.

Para asegurar una comunicación fluida y sin interferencias entre los receptores, es fundamental elevar la antena del receptor fijo tanto como sea posible. Por ello, se recomienda establecer previamente un punto de referencia de primer orden, utilizando la técnica de medición estática en lugares elevados cercanos a la zona de trabajo, como azoteas de edificios o colinas. Esta preparación optimiza el rendimiento del sistema RTK y garantiza la precisión de las mediciones en tiempo real (Jimenez et al., 2019).

Figura 19

Ubicación recomendada para receptor Base y Móvil en técnica RTK



Fuente: Jimenez et al., (2019).

El proceso de realizar un levantamiento topográfico con equipos GPS en tiempo real (RTK) sigue un procedimiento similar al de la medición estática, pero con la adición de sistemas de telecomunicaciones por radiofrecuencia. Para comenzar, se estaciona el equipo fijo (o base) en una estación de referencia, donde se ingresan las coordenadas conocidas de ese punto. Desde este punto, el receptor fijo enviará las correcciones en tiempo real al equipo móvil a través de un sistema de telecomunicación que debe estar operando entre ambos receptores (Pinto, 2019).

Este levantamiento se lleva a cabo con dos operadores utilizando dos receptores: uno actúa como referencia y el otro como móvil. Mientras uno de los operadores se encarga de registrar los puntos con el receptor móvil, el segundo operador se dedica a elaborar los croquis de la zona, anotando el número de cada punto y su descripción, lo que permite definir con precisión cualquier elemento que deba representarse. El receptor fijo, por su parte, solo necesita ser monitoreado para controlar la batería y asegurar su funcionamiento continuo.

Las coordenadas de los puntos obtenidos durante el levantamiento se registran en el sistema de referencia WGS84. Sin embargo, la metodología RTK ofrece la flexibilidad de asociar diferentes proyecciones y sistemas de referencia, lo que permite obtener las coordenadas directamente en la proyección UTM o en cualquier otro sistema deseado. En países como El Salvador, es necesario configurar los equipos GPS para utilizar el sistema de proyección cartográfica conocido como "Cónico Conformal de Lambert SIRGAS-ES2007", lo que permite obtener directamente las coordenadas proyectadas, es decir, las coordenadas planas (x, y).

Esta configuración asegura que los datos recopilados sean precisos y directamente utilizables en aplicaciones locales.

2.2.27 Distancia entre equipos receptores GPS

La longitud de las líneas base en un levantamiento topográfico utilizando RTK no debe exceder los 10 kilómetros, aunque esta distancia puede variar según la potencia y el alcance del sistema de radiofrecuencia utilizado.

Tiempo de medición: El tiempo necesario para cada medición puede oscilar entre 1 y 5 segundos, siempre que la señal de radiofrecuencia entre el receptor móvil y el receptor fijo se transmita sin interferencias.

Precisión: La precisión alcanzable con este método suele ser de 1 a 2 cm, más 2 partes por millón (ppm), garantizando así una alta exactitud en las mediciones.

Parámetros para considerar en esta técnica de medición:

- Intervalo de Grabación: 1 segundo.
- Máscara: 10°.
- Número Mínimo de Satélites: 4.
- Tiempo Mínimo de Observación: de 1 a 5 segundos.

Sistemas de referencia: Los datos capturados mediante GPS pueden ser referenciados con precisión a puntos de control dentro de una red topográfica geodésica, que se basa en un elipsoide específico. El sistema de referencia comúnmente utilizado es el WGS-84 (World Geodetic System 1984). Aunque este sistema geodésico es estándar en muchos contextos, en la actualidad la cartografía, con excepciones como las Islas Canarias, no siempre emplea el WGS-84 como sistema de referencia principal (Jimenez et al., 2019).

2.2.28 Punto rápido (RTK)

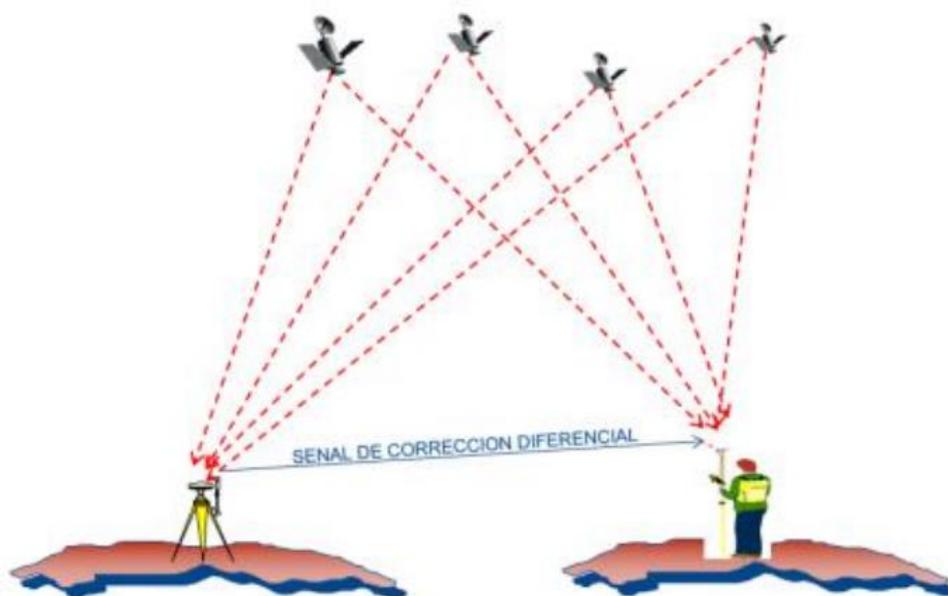
Este enfoque de trabajo se implementa cuando se añaden equipos específicos para mejorar la capacidad de los sistemas de medición. En este caso, se incorpora una antena externa con su repetidora a la base, mientras que al equipo Robert se le equipa con una antena interna y una colectora.

El proceso para realizar un levantamiento topográfico con el equipo Robert implica usar la colectora para definir y configurar las descripciones de los puntos recolectados. Este método es ideal para obtener información precisa y detallada, especialmente en áreas donde el acceso es limitado, como caminos estrechos o senderos.

El alcance efectivo de este sistema varía principalmente según el relieve del terreno, pudiendo llegar hasta 1.5 kilómetros. Esta configuración permite adaptar el levantamiento topográfico a condiciones específicas del terreno y obtener datos detallados en zonas de difícil acceso.

Figura 20

Método de posicionamiento GNSS



Fuente: Martínez y Bermeo, (2023)

2.2.29 Levantamiento continuo (RTK)

Este proceso se asemeja al método de punto rápido, pero con una configuración más flexible que permite ajustar la toma de datos en función del tiempo o de la distancia. Por ejemplo, se puede programar para registrar datos cada 3 segundos o cada 2 metros, según sea necesario para una única descripción del punto.

Este enfoque es ideal cuando el acceso es posible mediante vehículos como camionetas, cuatrimotos o motos. Al llevar a cabo el levantamiento topográfico con este método, es crucial tener en cuenta el proyecto específico para el que se está recolectando la información. Es importante considerar el posible error en la posición y la elevación que pueda surgir debido a las vibraciones y el movimiento del vehículo durante el proceso de medición (Martínez & Bermeo, 2023).

2.2.30 Sistema RTK (Obtención de Información en Tiempo Real)

El GPS diferencial es una tecnología avanzada que combina varios receptores para ofrecer una mayor precisión en la captación de datos geospaciales. Este sistema está compuesto por uno o más receptores móviles y una estación base fija. La estación base captura señales de satélites que orbitan la Tierra, y los receptores móviles utilizan estos datos para calcular la ubicación con una precisión mejorada (Yamasqui, 2022).

El GPS diferencial funciona capturando señales emitidas por satélites a través de distintos métodos, como el estático, cinemático y en tiempo real. A diferencia de los receptores de señales de simple frecuencia (L1) o doble frecuencia (L2), que simplemente reciben las ondas en megahercios, el GPS diferencial procesa estas señales para generar datos más precisos. Las señales, conocidas como código CA, se almacenan en los receptores como datos crudos específicos para cada modelo de GPS. Estos datos pueden ser convertidos a formato RINEX, que es compatible con diversos programas y software especializados.

Este sistema emplea receptores GNSS y requiere de satélites para recolectar información detallada sobre una superficie. El GPS diferencial, al utilizar diversos métodos de medición, ofrece una herramienta potente para aplicaciones que requieren alta precisión en el posicionamiento y la topografía.

Método Estático

Para obtener un conjunto preciso de coordenadas (X, Y, Z) o (ΔX , ΔY , ΔZ) en el caso de medición diferencial, se realiza una serie de observaciones con una antena durante un periodo en el que no se produzcan desplazamientos mayores que la

precisión del sistema. La técnica implica redundancia en las observaciones para garantizar la exactitud de los datos.

El uso de esta metodología de medición satelital requiere seguir un proceso detallado que abarca desde la planificación inicial del sitio de medición hasta la corrección de las coordenadas mediante un postproceso. Este enfoque sistemático asegura que todas las etapas, desde la preparación hasta el ajuste final, se realicen con precisión, optimizando la calidad y la fiabilidad de los resultados obtenidos.

2.2.31 Método cinemático en tiempo real RTK

La metodología de observación con GPS en tiempo real ofrece una forma rápida y eficiente de obtener mediciones precisas. Este método se basa en el uso de dos receptores GPS: uno fijo, ubicado en un punto de coordenadas conocidas, conocido como el "vértice de referencia", y otro en movimiento. Mientras el receptor fijo permanece estático, el receptor móvil se desplaza por el área de estudio (Yamasqui, 2022).

La técnica de GPS en tiempo real se destaca por su capacidad para calcular y corregir errores de manera instantánea. Durante la toma de datos, la estación de referencia observa las señales satelitales, identifica cualquier error y envía las correcciones al receptor móvil en tiempo real. Gracias a esta capacidad de corrección inmediata, las coordenadas obtenidas por el receptor móvil son precisas al momento de la medición, eliminando la necesidad de un postproceso adicional.

Para asegurar una comunicación efectiva entre el receptor fijo y el móvil, se utiliza un sistema de telecomunicaciones por radiofrecuencia. Para minimizar problemas de comunicación, es aconsejable elevar la antena del receptor de referencia tanto como sea posible, optimizando así la calidad y precisión de los datos transmitidos.

Estaciones de referencia en el Ecuador

La georreferenciación consiste en ubicar un punto específico dentro de un sistema de coordenadas determinado, para lo cual se necesita una red geodésica precisa. En Ecuador, el Instituto Geográfico Militar (IGM) es la autoridad oficial en

cartografía y proporciona los datos necesarios para estos procesos. Para georreferenciar un punto de partida en cualquier proyecto o levantamiento, se emplea la técnica de puntos estáticos. En este método, una de las antenas se coloca en un punto conocido, cuyas coordenadas se obtienen de la monografía de control horizontal emitida por el IGM. Esto garantiza que el punto de referencia esté alineado correctamente con el sistema geodésico en uso (Yamasqui, 2022).

2.2.32 Error en RTK

El método de georreferenciación con técnicas modernas permite calcular errores precisos en la determinación de posiciones. Estos errores se dividen en diferentes categorías, dependiendo del tipo de medición:

- **Error de posición del punto:** Generalmente se estima en 10 mm más 1 ppm RMS, lo que indica una precisión bastante alta para la ubicación exacta de un punto.
- **Error de altitud:** Se sitúa en 20 mm más 1 ppm RMS, lo que refleja la exactitud en la medición de la elevación sobre el nivel del mar.

Cuando se emplea el método de medición estática para posicionamiento fijo, que es una técnica común en topografía y geodesia, los errores se definen de la siguiente manera:

- **Error en el plano:** Aproximadamente 2,5 mm más 1 ppm RMS. Esto indica una alta precisión en la determinación de la posición horizontal en el plano.
- **Error de altitud:** Se estima en 5 mm más 1 ppm RMS, que refleja una medida bastante precisa de la altura en comparación con métodos de medición más básicos.

Estos valores ayudan a garantizar que las mediciones sean precisas y confiables, lo cual es esencial para proyectos que requieren un alto grado de exactitud.

2.2.33 Sistema de Información Geográfica

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta tecnológica creada para recolectar, guardar, manejar, analizar, administrar y mostrar información geoespacial. Los SIG integran datos espaciales (geográficos) y alfanuméricos, facilitando a los usuarios la visualización, interpretación y comprensión de patrones y relaciones en la información recopilada (Lugo et al., 2020).

2.2.33.1 Procesamiento de información. El procesamiento de información implica una serie de pasos sistemáticos que convierten los datos crudos en información valiosa a través del uso de técnicas SIG.

1. Captura de Datos:

- **Recolección:** Obtención de datos a partir de diversas fuentes (GPS, teledetección, encuestas de campo).
- **Importación:** Integración de datos recolectados en el SIG.

2. Almacenamiento y Gestión de Datos:

- **Organización:** Estructuración de datos en bases de datos geoespaciales.
- **Sistemas de Coordenadas:** Aplicación de sistemas de coordenadas y proyecciones para asegurar la consistencia espacial.

3. Manipulación de Datos:

- **Edición:** Modificación y corrección de datos geoespaciales.
- **Transformación:** Cambio de formato y proyección de datos para su integración.

4. Análisis Espacial:

- **Consulta y Recuperación:** Realización de consultas espaciales para extraer información específica.
- **Geoprocesamiento:** Aplicación de técnicas de análisis espacial (buffers, intersección, interpolación).

5. Visualización de Datos:

- **Mapas Temáticos:** Creación de mapas que representan diferentes variables o temas.
- **Visualización 3D:** Generación de representaciones tridimensionales del terreno y estructuras.

6. Automatización y Modelado:

- **Model Builder (ArcGIS):** Creación de modelos visuales para automatizar flujos de trabajo.
- **Processing Toolbox (QGIS):** Herramientas para construir y automatizar procesos repetitivos.

7. Presentación y Comunicación de Resultados:

- **Informes:** Elaboración de informes que resuman los hallazgos y análisis realizados.
- **Mapas y Cartografía:** Producción de mapas impresos y digitales para comunicar resultados.
- **Publicación:** Compartición de datos y resultados mediante plataformas en línea.

2.2.33.2 Técnicas. Las técnicas se refieren a los métodos y procedimientos utilizados para manipular y analizar datos en un SIG. Mencionan Jumbo Castillo et al. (2024), que pueden ser las siguientes:

1. Digitalización y Georreferenciación:

- **Digitalización:** Conversión de mapas en papel a formatos digitales mediante trazado manual.
- **Georreferenciación:** Asignación de coordenadas espaciales a imágenes y mapas.

2. Análisis de Proximidad:

- **Buffers:** Creación de zonas de influencia alrededor de puntos, líneas o polígonos.
- **Distancia:** Cálculo de distancias entre diferentes entidades espaciales.

3. Superposición de Capas:

- **Intersect:** Combinación de capas para encontrar áreas comunes.
- **Union:** Fusión de capas para integrar atributos de múltiples capas en una sola.

4. Interpolación Espacial:

- **Kriging:** Método de interpolación geoespacial para estimar valores en ubicaciones no muestreadas.
- **IDW (Inverse Distance Weighting):** Interpolación basada en la distancia a los puntos de muestra.

5. Modelado de Terreno:

- **DEM (Modelo Digital de Elevación):** Creación de representaciones digitales del terreno.
- **Slope (Pendiente):** Análisis de la inclinación del terreno.

6. Análisis de Redes:

- **Rutas Óptimas:** Cálculo de la ruta más eficiente entre puntos en una red.
- **Accesibilidad:** Evaluación de la accesibilidad a servicios y recursos.

2.2.33.3 Herramientas. QGIS y ArcGIS figuran entre las herramientas más populares en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). A continuación, se ofrece una descripción detallada de ambas, destacando sus características principales y capacidades.

2.2.34 QGIS (Quantum GIS)

QGIS es una aplicación SIG de código abierto y multiplataforma que permite a los usuarios visualizar, editar, analizar y componer datos geoespaciales. Define

Salazar Apaza (2023), es ampliamente utilizada debido a su flexibilidad, extensibilidad y comunidad activa de desarrollo.

Características Principales

- **Interfaz de Usuario:** Intuitiva y personalizable, permite cargar, visualizar y analizar datos geoespaciales fácilmente.
- **Digitalización y Edición:** Herramientas para digitalizar y editar datos vectoriales y ráster, y georreferenciación de imágenes y mapas.
- **Geoprocesamiento:** Processing Toolbox contiene cientos de algoritmos para realizar operaciones de geoprocesamiento, análisis espacial y modelado, con soporte para herramientas de geoprocesamiento GRASS y SAGA.
- **Visualización:** Capacidad para crear mapas temáticos y visualizaciones 3D mediante el complemento QGIS 3D, junto con herramientas avanzadas de simbología y etiquetado.
- **Extensibilidad:** Amplio soporte para plugins que extienden las funcionalidades de QGIS, incluyendo plugins populares como "OpenLayers" para integrar mapas base en línea y "Time Manager" para análisis temporales.
- **Gestión de Datos:** Soporte para una amplia gama de formatos de datos geoespaciales (Shapefile, GeoJSON, KML, PostGIS, etc.), e integración con bases de datos espaciales como PostGIS.
- **Automatización:** Soporte para scripting en Python mediante PyQGIS, y creación de modelos visuales para automatizar flujos de trabajo repetitivos.

2.2.35 ArcGIS

ArcGIS es una plataforma SIG desarrollada por Esri que ofrece un conjunto completo de herramientas para recolectar, almacenar, analizar y mostrar datos geoespaciales. Describen Rodríguez Barón et al. (2023), es ampliamente utilizada en la industria y ofrece soluciones avanzadas para diversas aplicaciones SIG.

Características Principales

- **Interfaz de Usuario:** Interfaz amigable e intuitiva con herramientas integradas para visualización y análisis de datos, y ArcGIS Pro ofrece una interfaz moderna con capacidades avanzadas de visualización 3D.
- **Geodatabases:** Uso de geodatabases para almacenar, gestionar y compartir datos geoespaciales de manera eficiente, con soporte para geodatabases personales, de archivos y corporativas.
- **Geoprocesamiento:** ArcToolbox ofrece un amplio conjunto de herramientas para geoprocesamiento, incluyendo análisis espacial, análisis de red y modelado de terreno. Model Builder es una herramienta visual para construir y automatizar flujos de trabajo complejos mediante la creación de modelos de geoprocesamiento.
- **Visualización:** Herramientas avanzadas para la creación de mapas temáticos y visualización en 3D, así como la generación de infografías y gráficos interactivos.
- **Extensibilidad:** Soporte para personalización y desarrollo de extensiones mediante ArcObjects y scripting en Python, e integración con otras plataformas de Esri como ArcGIS Online y Portal for ArcGIS para compartir y colaborar en proyectos SIG.
- **Análisis Avanzado:** Herramientas para análisis de imágenes, análisis de patrones espaciales y modelado predictivo, con capacidades de

análisis de Big Data y Machine Learning mediante ArcGIS Insights y ArcGIS Notebooks.

- **Gestión y Publicación de Datos:** Capacidades avanzadas para la gestión de datos espaciales, incluyendo la edición y validación de datos, y la publicación de servicios web de mapas (WMS, WFS) y aplicaciones interactivas mediante ArcGIS Online.

2.2.36 Teodolito

El teodolito es uno de los instrumentos topográficos más antiguos y fundamentales, utilizado desde hace siglos para medir ángulos horizontales y verticales con gran precisión. Su origen se remonta al siglo XVI, cuando fue diseñado como una versión mejorada de los instrumentos de navegación utilizados por marinos y astrónomos. A lo largo de los siglos, el teodolito ha experimentado numerosas mejoras tecnológicas, pasando de versiones mecánicas a modelos ópticos y, finalmente, a teodolitos digitales y electrónicos (Aguilera, 2024).

Estas evoluciones han permitido un aumento significativo en la precisión y facilidad de uso, convirtiéndolo en una herramienta indispensable en levantamientos topográficos. Esta sección podría detallar la transición desde los primeros teodolitos ópticos, que requerían mediciones manuales y cálculos extensivos, hasta los modelos digitales actuales, que integran tecnología avanzada para medir y registrar datos automáticamente (Cuque, 2020).

El teodolito opera basado en principios ópticos y mecánicos que permiten medir ángulos horizontales y verticales con gran exactitud. Un teodolito consta principalmente de una base que se nivela, un telescopio montado en un eje horizontal, y escalas graduadas para medir ángulos. El operador apunta el telescopio a un objetivo distante y utiliza las escalas para registrar los ángulos (Luna & Ramírez, 2023).

La precisión del teodolito depende de la exactitud de estas mediciones angulares y de la habilidad del operador para mantener el instrumento correctamente nivelado. Los teodolitos modernos también incluyen funciones digitales que permiten

la lectura electrónica de los ángulos, reduciendo el margen de error humano y mejorando la eficiencia en el trabajo de campo.

2.2.37 Tipos de Teodolitos

Los teodolitos son instrumentos fundamentales en la topografía, y existen varios tipos diseñados para satisfacer distintas necesidades.

2.2.37.1 Teodolitos Ópticos. Son los modelos más tradicionales, en los que la alineación y la lectura de las escalas se realizan manualmente a través de un ocular. Aunque requieren un proceso más detallado y atención al usuario, estos teodolitos son valorados por su precisión y confiabilidad en trabajos de campo donde la tecnología digital no es esencial (Canedo, 2023).

2.2.37.2 Teodolitos Electrónicos. Representan la evolución más avanzada en la tecnología de teodolitos. Además de medir ángulos con gran precisión, estos modelos pueden conectarse a sistemas GPS y otros dispositivos electrónicos, permitiendo la recopilación y procesamiento de datos en tiempo real. Son ideales para proyectos que requieren alta precisión y la integración de datos geoespaciales complejos (Ferreiro, 2024).

2.2.38 Partes de un teodolito

Las partes principales de un teodolito son diversas y cada una cumple una función específica que contribuye a la precisión de las mediciones topográficas. A continuación, se detallan sus componentes esenciales, como lo describe (Besteiro et al., 2022).

2.2.38.1 Tornillos de Nivelación. Ubicados en la base del teodolito, estos tornillos ajustables son cruciales para nivelar correctamente el instrumento. Al girarlos, el operador puede asegurarse de que el teodolito esté perfectamente horizontal, lo cual es fundamental para obtener mediciones precisas.

2.2.38.2 Plomada Óptica. Este dispositivo permite centrar el teodolito sobre un punto de referencia con gran exactitud. Utiliza un sistema óptico que facilita la alineación vertical, asegurando que el instrumento esté colocado exactamente sobre el punto deseado.

2.2.38.3 Nivel de Burbuja. Son tubos de vidrio que contienen una burbuja de aire y están integrados en la alidada del teodolito. Estas burbujas indican si el instrumento está nivelado, y su correcto posicionamiento es esencial para garantizar la precisión de las mediciones.

2.2.38.4 Lente Ocular. Es la lente a través de la cual el operador observa el punto de interés. La claridad y nitidez de esta lente son fundamentales para asegurar que el punto de referencia esté correctamente enfocado.

2.2.38.5 Lente Objetiva. Situada en el extremo del teodolito, esta lente se enfoca directamente en el punto de interés. Su función es captar la imagen y proyectarla al ocular para una visualización detallada.

2.2.38.6 Telescopio. Este es un tubo óptico que amplifica la vista del punto de interés, permitiendo al operador observar detalles con mayor precisión. Es una parte crucial del teodolito, ya que, sin él, la observación detallada y la medición precisa serían imposibles.

2.2.38.7 Tornillo Tangencial Horizontal. Este tornillo permite ajustar de manera fina el ángulo horizontal del teodolito, brindando un control detallado sobre la orientación del instrumento.

2.2.38.8 Tornillo Tangencial Vertical. Similar al tornillo tangencial horizontal, este se utiliza para ajustar finamente el ángulo vertical, permitiendo al operador realizar pequeños cambios en la alineación vertical del teodolito.

2.2.38.9 Freno de Movimiento Vertical y Horizontal. Son mecanismos que bloquean el movimiento del teodolito en los ejes vertical y horizontal. Una vez que se ha ajustado la posición deseada, estos frenos aseguran que el instrumento se mantenga fijo durante la medición.

2.2.38.10 Anillo de Ajuste Visual. Este componente permite al operador ajustar la posición del ocular del telescopio para obtener una visión más cómoda y nítida, lo que es esencial para observaciones prolongadas.

2.2.38.11 Tornillo de Enfoque de Anteojo. Este tornillo ajusta la nitidez de la imagen observada a través del telescopio, garantizando que el punto de interés sea visible con la mayor claridad posible.

2.2.38.12 Círculo Horizontal. Es un disco graduado que se encuentra en la parte inferior del teodolito. Su función es medir ángulos horizontales, proporcionando una base para las mediciones angulares precisas.

2.2.38.13 Círculo Vertical. Similar al círculo horizontal, este disco graduado mide ángulos verticales y se encuentra en posición vertical. Aunque es más común en modelos antiguos, sigue siendo un componente esencial en algunos teodolitos.

2.2.38.14 Limbo o Vernier. Esta es una escala auxiliar que se utiliza junto con los círculos horizontal y vertical para obtener mediciones más precisas. Su diseño permite al operador leer fracciones de grados con gran exactitud.

2.2.38.15 Alidada o Limbaje. Es la estructura principal que soporta tanto los círculos horizontal y vertical como el sistema de lentes y miras. Es la columna vertebral del teodolito, integrando todos los componentes en un solo dispositivo funcional.

2.2.38.16 Micrómetros o Estadios. Estos dispositivos se utilizan en combinación con el teodolito para medir distancias o alturas. Son especialmente útiles en la topografía cuando se requieren mediciones de gran precisión en terrenos irregulares.

Figura 21

Partes de un teodolito



Fuente: CONSTRUNEIC, (2024)

La precisión de un teodolito depende en gran medida de su calibración y mantenimiento. La calibración implica ajustar el teodolito para asegurar que sus mediciones sean exactas y que los errores sistemáticos se minimicen. Esto incluye la verificación de la perpendicularidad de los ejes, la exactitud de las escalas angulares, y la correcta alineación del telescopio. El mantenimiento regular también es crucial, ya que un teodolito mal cuidado puede presentar fallas en sus mecanismos de movimiento y en la claridad de sus lentes. En esta sección, podrías describir los procedimientos estándar para calibrar un teodolito, así como las mejores prácticas para su almacenamiento y cuidado, asegurando su longevidad y precisión en el campo.

2.2.38 Precisión y factores que afectan la medición con Teodolito

La precisión del teodolito puede verse afectada por diversos factores, como la estabilidad del terreno, las condiciones climáticas, y la experiencia del operador. Por ejemplo, vibraciones en el suelo o vientos fuertes pueden alterar la estabilidad del teodolito, mientras que la inexperiencia del operador puede llevar a errores en la nivelación o en la lectura de ángulos. Esta sección podría explorar estos factores en detalle, ofreciendo consejos sobre cómo minimizar su impacto y asegurar mediciones precisas. También podrías incluir un análisis de cómo las condiciones ambientales, como la refracción de la luz o la temperatura, pueden influir en las mediciones y cómo compensar estos efectos.

2.3 Marco Legal

2.3.1 Constitución Del Ecuador

La constitución de la Republica del Ecuador (2008), menciona que en el: “Capítulo cuarto Régimen de competencias. Art. 264.-Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de otras que determine la ley: 9. Formar y administrar los catastros inmobiliarios urbanos y rurales”.

2.3.2 Ley Orgánica De Ordenamiento Territorial, Uso Y Gestión De Suelo (Ley S/N)

**República Del Ecuador Asamblea Nacional Oficio No. San-2016-1196
Quito, 30 de junio De 2016.**

Art. 19.- Suelo rural. - El suelo rural es aquel que se utiliza principalmente para actividades relacionadas con la agricultura, la extracción de recursos naturales o la silvicultura. También se refiere a aquellos suelos que, debido a sus características especiales desde el punto de vista biológico y geográfico, deben ser protegidos o reservados para futuros usos urbanos (Gobierno electronico.gob.ec, 2016). Para el suelo rural se establece la siguiente subclasificación:

1. Suelo rural de producción. Es el suelo rural destinado a actividades agroproductivas, acuícolas, ganaderas, forestales y de aprovechamiento turístico, respetuosas del ambiente. Consecuentemente, se encuentra restringida la construcción y el fraccionamiento.

2. Suelo rural para aprovechamiento extractivo. Es el suelo rural destinado por la autoridad competente, de conformidad con la legislación vigente, para actividades extractivas de recursos naturales no renovables, garantizando los derechos de naturaleza.

3. Suelo rural de expansión urbana. Es el suelo rural que podrá ser habilitado para su uso urbano de conformidad con el plan de uso y gestión de suelo. El suelo rural de expansión urbana será siempre colindante con el suelo urbano del cantón o distrito metropolitano, a excepción de los casos especiales que se definan en la normativa secundaria.

La determinación del suelo rural de expansión urbana se realizará en función de las previsiones de crecimiento demográfico, productivo y socioeconómico del cantón o distrito metropolitano, y se ajustará a la viabilidad de la dotación de los sistemas públicos de soporte definidos en el plan de uso y gestión de suelo, así como

a las políticas de protección del suelo rural establecidas por la autoridad agraria o ambiental nacional competente.

Con el fin de garantizar la soberanía alimentaria, no se definirá como suelo urbano o rural de expansión urbana aquel que sea identificado como de alto valor agroproductivas por parte de la autoridad agraria nacional, salvo que exista una autorización expresa de la misma.

Los procedimientos para la transformación del suelo rural a suelo urbano o rural de expansión urbana observarán de forma obligatoria lo establecido en esta Ley.

Queda prohibida la urbanización en predios colindantes a la red vial estatal, regional o provincial, sin previa autorización del nivel de gobierno responsable de la vía (Barrezueta, 2016).

2.3.3 Norma Técnica Ecuatoriana Nte Inen 2873 2015-04

4.11 Levantamiento topográfico. Determinación sistemática y descripción de la posición de características naturales o hechas por el hombre sobre la superficie del suelo (Normalización, 2015).

4.16 Nivel de calidad C (NC – C). Indica que la información se obtuvo mediante la inspección y marcación de elementos superficiales visibles de los servicios básicos o infraestructura subterránea, el levantamiento topográfico georreferenciado de dichos elementos (o verificar la exactitud y completitud del levantamiento topográfico georreferenciado realizado por otros), la representación de los elementos superficiales y la utilización del criterio profesional al correlacionar tal información con la información NC – D. El nivel de calidad C se crea a partir de la información del nivel de calidad D al añadir un levantamiento topográfico georreferenciado de detalle independiente de los elementos superficiales referentes a servicios básicos o infraestructura subterránea incluyendo, pero no limitando a hidrantes, válvulas, cabinas de control y tapas de pozos de revisión. El criterio profesional se utiliza para correlacionar los datos de NC – D con las características levantadas en la topografía georreferenciada, lo que aumenta la fiabilidad de la ubicación del servicio básico y la existencia de este (Normalización, 2015).

Legislación y normativa aplicable.

Ley de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo: Esta ley establece los principios, normas y procedimientos para el ordenamiento territorial y la gestión del suelo en el país, incluyendo disposiciones relacionadas con la realización de levantamientos topográficos para planificación urbana y rural.

Reglamento para el Ejercicio Profesional de la Ingeniería Geomática y Topografía: Este reglamento, emitido por el Consejo de Control del Ejercicio Profesional de la Ingeniería y afines (CONCEP), establece los requisitos y normas para el ejercicio profesional de la ingeniería geomática y topografía, incluyendo estándares técnicos para levantamientos topográficos.

Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE INEN): Las normas técnicas específicas relacionadas con la topografía y los levantamientos topográficos proporcionan criterios y procedimientos detallados para la realización de mediciones, cálculos y representación de datos topográficos.

Estos instrumentos legales y normativos proporcionan el marco legal y técnico para la realización de levantamientos topográficos, asegurando la calidad, precisión y relevancia de los datos recopilados para diversos fines, como la planificación urbana, la gestión del territorio y la ingeniería civil.

Se incluirá el instrumento legal vigente, con el contenido específico, breve y concreto, que aporte al desarrollo del trabajo de investigación.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto)

Cuantitativo. Este enfoque es justificado debido a la necesidad de obtener y analizar datos numéricos sobre la precisión, eficiencia y costos de cada tecnología.

3.2 Alcance de la investigación: (Exploratorio, descriptivo o correlacional)

Descriptivo. Este estudio se centró en describir las características, ventajas y desventajas de cada tecnología de levantamiento topográfico en términos de precisión, tiempo y costo, en 24 hectáreas de terreno ubicado en vía a la Costa KM 20 ½ a lado del instituto SEK.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

Para llevar a cabo este análisis comparativo de eficiencia y precisión en levantamientos topográficos utilizamos tres instrumentos topográficos tales como: teodolito, estación total y RTK (Real Time Kinematic). El teodolito se empleó para medir ángulos horizontales y verticales, en la que nos admite obtener datos necesarios para calcular las distancias y elevaciones.

La estación total es un dispositivo electrónico avanzado que combina un teodolito con un distanciómetro, permitiendo medir distancias y ángulos en donde la información obtenida se guarda en la memoria de la estación total permitiendo la creación de modelos topográficos detallados. Por lo tanto, el sistema que se maneja con RTK, utiliza señales de GPS que nos proporciona correcciones en tiempo real, donde nos permite obtener información de coordenadas más precisas y una alta precisión en el menor tiempo posible.

La recolección de datos se realizó en 24 hectáreas, donde las características del terreno son físicas, geográficas y geológicas, teniendo en cuenta si ha tenido excavaciones, construcción de taludes entre otros. Garantizando una evaluación integral y robusta de la precisión y eficiencia de cada método. Estos datos serán posteriormente analizados y comparados.

3.3.1 Observación directa y mapeo:

Se realizaron levantamientos topográficos de un área extensa de 24 hectáreas, caracterizada por una topografía variada con elevaciones y depresiones significativas. Para llevar a cabo este estudio, se utilizaron tres tecnologías distintas: teodolito, estación total y RTK. Durante el proceso, se registró meticulosamente el tiempo empleado en cada levantamiento, así como los costos operativos involucrados y la precisión de los datos obtenidos con cada tecnología. Además, se tomaron notas detalladas de las condiciones ambientales y de campo que podrían haber influido en la exactitud de las mediciones, asegurando un análisis exhaustivo y comparativo entre los distintos métodos utilizados. Los datos recopilados proporcionaron una base sólida para evaluar la idoneidad de cada tecnología en función de las características del terreno y las necesidades específicas del proyecto.

3.3.2 Análisis espacial y estadístico:

Los datos espaciales obtenidos en los levantamientos topográficos fueron gestionados y analizados utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG). Este sistema permitió una visualización detallada y la integración de los datos recopilados, facilitando su comparación y evaluación. Se aplicaron técnicas estadísticas avanzadas para comparar la precisión, eficiencia y costos asociados a cada método de levantamiento topográfico. Estos análisis no solo incluyeron la evaluación de las diferencias en las mediciones angulares y de distancia, sino también la variabilidad en la calidad de los datos en función de las condiciones del terreno y los costos operativos asociados. Los resultados del análisis permitieron identificar las fortalezas y limitaciones de cada tecnología, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones en futuros proyectos topográficos.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La zona de trabajo se encuentra en vía a la costa ubicada en el km 20½ sentido Guayaquil – Salinas, provincia del Guayas, Ecuador. El sector muestra un suelo rural que está en expansión, con plazas comerciales, fábricas de plásticos y alimentos

balanceados, universidades, colegios y sucursales de renombre, además de cadenas de supermercados.

3.4.2 Muestra

La muestra fue un terreno a lado del colegio SEK que se encuentra en la vía a la costa km 20½ sentido Guayaquil - Salinas. La misma que tiene aproximadamente 24 hectáreas.

El diario el Universo (2022), indica que el sector de la Vía a la Costa, según la clasificación de suelo establecida en el Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS), incluye un área urbana que abarca desde el kilómetro 8 (Puertas del Sol) hasta el kilómetro 25 (peaje de Chongón) en la avenida Jaime Nebot Velasco, donde se localizan numerosos desarrollos urbanos y asentamientos.

3.5 Análisis de métodos

3.5.1 Teodolito

El teodolito se utiliza principalmente para medir ángulos horizontales y verticales con alta precisión. Durante un levantamiento topográfico con este instrumento, se establecieron varias estaciones de medición estratégicamente posicionadas desde donde se observaban puntos específicos del terreno. La precisión en la medición de ángulos permitió captar detalles topográficos clave, mientras que las distancias se midieron utilizando una cinta métrica o mediante el método de intersección con prismas de reflectancia, dependiendo de las condiciones y necesidades del proyecto.

Los datos recolectados, que incluían tanto ángulos como distancias horizontales y verticales, se registraron manualmente en una libreta de campo, lo que exigía una alta concentración y precisión por parte del operador. Estos registros luego fueron introducidos en un software de procesamiento topográfico, que permitió calcular las coordenadas tridimensionales de cada punto observado. Aunque este método es altamente preciso, resultó más lento y laborioso en comparación con otros métodos modernos debido a la necesidad de establecer múltiples estaciones y realizar observaciones manuales en cada una.

3.5.1.2 Instrumentos utilizados

- ✓ Teodolito
- ✓ Trípode
- ✓ Prisma de reflectancia
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Libreta de campo y lápiz
- ✓ Niveles y plomadas
- ✓ GPS portátil (opcional, para georreferenciación inicial)

3.5.2 Estación total

La estación total es un dispositivo avanzado que combina las funciones de un teodolito y un distanciómetro electrónico (EDM), permitiendo medir ángulos y distancias de manera simultánea. Esta combinación hizo que el proceso de levantamiento topográfico fuera más eficiente, ya que eliminó la necesidad de medir distancias manualmente, reduciendo significativamente el tiempo de trabajo en campo.

Los datos recogidos incluían ángulos horizontales y verticales, así como distancias inclinadas, los cuales se almacenaron electrónicamente en la memoria interna de la estación total. Posteriormente, estos datos fueron descargados en un ordenador y procesados con software especializado, que calculó automáticamente las coordenadas tridimensionales de los puntos observados, generando modelos topográficos precisos y detallados. La estación total permitió obtener resultados más rápidos y precisos, siendo ideal para proyectos de mediana a gran escala.

3.5.2.1 Instrumentos utilizados (estación total)

- ✓ Estación total
- ✓ Trípode
- ✓ Prismas de reflectancia
- ✓ Bastones de nivelación
- ✓ Libreta de campo y lápiz (para notas)
- ✓ Software de procesamiento de datos topográficos

3.5.3 RTK (*Real Time Kinematic*)

El sistema RTK emplea señales GPS para proporcionar correcciones en tiempo real, permitiendo la obtención de coordenadas con una precisión extremadamente alta. Durante el proceso de levantamiento, se colocó un receptor GPS base en una ubicación fija y conocida, mientras que un receptor móvil se utilizó para realizar las mediciones en el campo.

Las correcciones diferenciales se transmitieron desde la base al receptor móvil, lo que mejoró significativamente la precisión de las coordenadas obtenidas. Los datos fueron registrados automáticamente en el controlador de datos y procesados en tiempo real, proporcionando resultados instantáneos y precisos. Este método demostró ser altamente eficiente y preciso, siendo especialmente adecuado para levantamientos en grandes áreas y en proyectos que requerían resultados rápidos y de alta exactitud.

3.5.3.1 Instrumentos utilizados (RTK)

- ✓ Receptor GPS RTK (móvil y/o rover) (South)
- ✓ Receptor GPS base (South)
- ✓ Antenas GPS
- ✓ Controlador de datos (computadora de campo o colectora)
- ✓ Bastones de nivelación
- ✓ Software de procesamiento de datos GNSS.

CAPÍTULO IV PROPUESTA O INFORME

4.1 Presentación y análisis de resultados

En el anexo 3 se puede observar tres líneas de diferentes colores en la que se distingue cada área de la siguiente manera:

Teodolito (verde): $241\,250.188m^2 = 24.125ha$

Estación Total (roja): $244\,989.122m^2 = 24.498ha$

RTK (lila): $245\,383.350m^2 = 24.538ha$

La diferencia de áreas medidas entre el teodolito y la estación total es de $-3738.93m^2$, indicando una mayor precisión en la estación total.

Entre la estación total y el RTK, la diferencia es de $+394.228m^2$, destacando la precisión superior del RTK en comparación con la estación total.

Figura 22

Cuadro de linderos, mensuras y áreas

CUADRO DE LINDEROS, MENSURAS Y ÁREA					
	LÍMITE	VÉRTICES	LINDEROS	MENSURAS(m)	LONG. TOTAL(m)
SOLAR 2-3	NORTE	1-2	VÍA PÚBLICA	128.39	128.39
	SUR	15-16	VÍA A LA COSTA	112.44	112.44
	ESTE	2-15	SOLAR PARTICULAR	99.89+225.53+150.90+170.27+158.09+ 194.12+140.62+162.70+22.87+168.82+ 157.94+171.93+182.85	2006.53
	OESTE	16-24	MANZANA 197	168.07+105.55+243.53+138.37+185.26+ 146.14+428.09+318.51+247.23	1980.75
ÁREA	244989.123 m² = 24.499 Ha.				

Elaborado por: Cadena y Castañeda, (2024)

Este cuadro nos detalla el área del terreno que se está adquiriendo y distancias de lindero, mediante el Registro de Predio Urbano donde su código catastral son: 096-0115-002-0-0-0-1 y 096-0115-003-0-0-0-1, presentando de esta manera la precisión del levantamiento topográfico con estación total.

4.1.1 Precisión

4.1.1.1 Teodolito

El teodolito, como uno de los instrumentos más tradicionales en la topografía, se destacó por su capacidad para ofrecer una gran precisión al medir ángulos tanto horizontales como verticales. Esta precisión angular resultó ser esencial en diversos proyectos, especialmente en aquellos donde se requería un alto nivel de exactitud. Debido a sus características, el teodolito fue particularmente útil en áreas de tamaño pequeño a mediano. En estos contextos, la precisión angular desempeñó un papel crucial, siendo determinante para garantizar la correcta alineación de estructuras y la exactitud en obras de construcción. Además, su uso se extendió a diferentes aplicaciones topográficas donde la fiabilidad de las mediciones angulares era de suma importancia.

4.1.1.2 Estación Total

La estación total, un dispositivo más avanzado tecnológicamente, combinó la capacidad de realizar mediciones angulares y de distancia con un alto grado de precisión. Su ventaja no solo radicó en la exactitud de las mediciones, sino también en la rapidez con la que se podían obtener estos datos. Esto permitió que los levantamientos topográficos se realizaran de manera más eficiente, reduciendo el tiempo necesario para completar tareas que, de otro modo, habrían sido más laboriosas. Además, la estación total se destacó en proyectos que requerían levantamientos detallados y de gran alcance. Su capacidad para medir distancias largas con una precisión notable resultó ser invaluable, especialmente en proyectos donde era necesario mapear grandes áreas con un alto nivel de detalle.

4.1.1.3 RTK (Real Time Kinematic)

El sistema RTK representó un avance significativo en la tecnología de levantamientos topográficos, permitiendo obtener coordenadas tridimensionales con una precisión centimétrica y en tiempo real. Esta capacidad de alta precisión fue

especialmente importante en proyectos donde cada centímetro contaba, como en el diseño y la construcción de infraestructuras complejas. La tecnología RTK no solo ofreció precisión en la medición, sino que también mejoró la eficiencia de los trabajos topográficos al proporcionar datos precisos instantáneamente, sin la necesidad de procesamiento adicional. Su uso fue especialmente relevante en situaciones donde la exactitud era crítica, como en la planificación de carreteras, puentes y otras estructuras donde un error mínimo podría tener consecuencias significativas.

4.1.2 Eficiencia

Tabla 2

Comparación de eficiencia.

RESUMEN DE COMPARACIÓN DE EFICIENCIA			
Aspecto	Teodolito	Estación Total	RTK
Tiempo de Campo	Alto (más tiempo)	Moderado (mediciones simultáneas)	Bajo (datos en tiempo real)
Rapidez en Obtención de Datos	Lento	Rápido	Muy rápido
Facilidad de Uso	Sencillo (fácil de usar)	Moderado (requiere capacitación)	Complejo (requiere formación avanzada)
Procesamiento de Datos	Laborioso (manual)	Eficiente (electrónico)	Muy eficiente (automatizado)

Elaborado por: Cadena y Castañeda, (2024)

4.1.2.1 Teodolito

En términos de eficiencia, el teodolito, aunque efectivo en ciertos aspectos, presentó algunas limitaciones cuando se le comparó con tecnologías más avanzadas como la estación total y el sistema RTK. Una de las principales consideraciones fue el proceso manual y el tiempo consumido. Dado que las mediciones de distancia debían realizarse manualmente o utilizando métodos indirectos, como la intersección con prismas, el proceso se volvía considerablemente más lento en comparación con las tecnologías electrónicas que realizaban estas mediciones de forma automática. Además, el registro manual de datos añadió otro desafío, ya que los topógrafos debían anotar los datos en una libreta de campo, lo cual no solo incrementó el tiempo necesario para completar el levantamiento, sino que también introdujo la posibilidad de errores humanos.

A pesar de que el teodolito se caracterizó por ofrecer una alta precisión angular, y su operación era relativamente económica y sencilla, su eficiencia se vio afectada por la necesidad de realizar mediciones manuales de distancia y por el proceso manual de registro de datos. Por lo tanto, aunque este instrumento resultaba ideal para proyectos donde la precisión angular era de suma importancia y los presupuestos eran limitados, su uso en levantamientos que requerían alta eficiencia y precisión en coordenadas absolutas fue menos recomendable. En tales casos, tecnologías más avanzadas como la estación total y el sistema RTK demostraron ser más adecuadas.

4.1.2.2 Estación Total

La estación total se destacó por su capacidad para mejorar notablemente la eficiencia en el trabajo topográfico. Una de sus ventajas principales fue que los datos se registraron electrónicamente, lo que no solo redujo la posibilidad de errores humanos durante la transcripción de la información, sino que también facilitó su procesamiento y análisis posterior. Esto permitió que los datos se integraran más fácilmente con software de modelado y diseño, lo que a su vez mejoró la productividad y la precisión del trabajo topográfico.

Además, la estación total permitió una reducción significativa en el tiempo de campo, gracias a su capacidad para realizar mediciones simultáneas de ángulos y distancias, y su facilidad para registrar los datos de manera inmediata y precisa. Esto no solo optimizó el tiempo necesario para llevar a cabo los levantamientos, sino que también garantizó una mayor exactitud en los resultados obtenidos. En consecuencia, la estación total se consolidó como una herramienta eficiente y precisa, adecuada para proyectos que demandaban un alto nivel de detalle y rapidez en su ejecución.

4.1.2.3 RTK (*Real Time Kinematic*)

El sistema RTK representó una innovación significativa en términos de eficiencia topográfica. Este sistema permitió obtener resultados precisos de manera extremadamente rápida, lo que redujo significativamente el tiempo necesario para realizar los levantamientos en campo. Gracias a su capacidad para proporcionar correcciones en tiempo real, el proceso de levantamiento se volvió mucho más eficiente, ya que los datos obtenidos no requerían de procesamiento adicional para alcanzar la precisión deseada.

Esta tecnología no solo ahorró tiempo, sino que también redujo los costos asociados con los levantamientos topográficos, ya que la rapidez y la precisión del RTK disminuyeron la necesidad de realizar múltiples mediciones y revisiones. En proyectos donde la exactitud y la eficiencia eran prioritarias, el RTK se convirtió en la opción preferida, permitiendo a los topógrafos obtener coordenadas tridimensionales con una precisión centimétrica en tiempo real, lo cual fue esencial para la construcción y el diseño de infraestructuras complejas.

4.1.3 Costos

Tabla 3

Comparación de costos

RESUMEN DE COMPARACIÓN DE COSTOS			
Aspecto	Teodolito	Estación Total	RTK
Costo Inicial	Bajo (\$500 - \$2000)	Moderado-Alto (\$5000 - \$20000)	Alto (\$10000 - \$50000+)
Costos Operativos	Altos (más tiempo de campo)	Moderados (menos tiempo de campo)	Bajos (alta eficiencia)
Costos de mantenimiento	Bajos	Moderados	Altos
Capacitación	Baja	Moderada	Alta

Elaborado por: Cadena y Castañeda, (2024)

4.1.3.1 Teodolito

El teodolito se destacó por ser una opción más económica en comparación con la estación total y el sistema RTK, lo que lo convirtió en una herramienta accesible para proyectos con presupuestos más ajustados. Con un costo inicial bajo, que osciló entre \$500 y \$2000, el teodolito fue ideal para iniciativas educativas, estudios preliminares o pequeños proyectos de construcción donde el control de costos fue un factor determinante. Además, los costos operativos relacionados con el teodolito fueron relativamente altos debido al mayor tiempo necesario en campo para completar las mediciones. Sin embargo, los costos de mantenimiento se mantuvieron bajos, lo que contribuyó a su atractivo económico para proyectos más modestos. Asimismo, el teodolito requirió un nivel bajo de capacitación, lo que facilitó su adopción en diversos contextos donde la simplicidad y el ahorro eran prioridades.

4.1.3.2 Estación Total

La estación total representó un equilibrio adecuado entre costo y eficiencia. Aunque su costo inicial fue considerablemente más alto que el del teodolito, variando entre \$5000 y \$20000, esta inversión inicial se justificó por su mayor eficiencia en campo. Los costos operativos fueron moderados, ya que el tiempo de campo necesario para completar los levantamientos se redujo significativamente gracias a la rapidez y precisión de la estación total. Aunque los costos de mantenimiento fueron más elevados que los del teodolito, este instrumento ofreció una ventaja significativa en proyectos de mediana a gran escala, donde la eficiencia adicional pudo compensar estos gastos. La capacitación requerida para operar una estación total fue moderada, lo que implicó una necesidad de formación adicional, pero sin llegar a ser un obstáculo considerable para su uso en proyectos complejos.

4.1.3.3 RTK (*Real Time Kinematic*)

El sistema RTK fue la opción más costosa tanto en términos de costo inicial como de mantenimiento y capacitación. Con un costo inicial que osciló entre \$10000 y \$50000 o más, el RTK requirió una inversión significativa, especialmente en comparación con otros instrumentos topográficos. Además, los costos de mantenimiento fueron altos, y la capacitación para utilizar esta tecnología de manera efectiva demandó un nivel avanzado de formación. Sin embargo, el RTK ofreció la mayor eficiencia en campo, lo que permitió obtener resultados con precisión centimétrica en tiempo real. Esta alta eficiencia pudo traducirse en ahorros significativos en proyectos grandes, donde la precisión y la rapidez eran cruciales. Por lo tanto, aunque el RTK implicó una mayor inversión inicial, su capacidad para mejorar la productividad y la exactitud en proyectos complejos lo convirtió en una opción rentable en escenarios donde la precisión en tiempo real fue indispensable.

CONCLUSIONES

En resumen, el análisis comparativo de eficiencia y precisión en levantamientos topográficos planialtimétricos con teodolito, estación total y RTK ha revelado diferencias notables en las capacidades y rendimientos de cada tecnología. Cada equipo tiene sus propias ventajas y desventajas, que pueden determinar la elección del método más adecuado en función de las necesidades específicas del proyecto.

El teodolito se destaca por su alta precisión en la medición de ángulos horizontales y verticales. Su simplicidad y bajo costo inicial lo hacen accesible y fácil de usar. No obstante, no mide distancias directamente, lo que puede afectar la precisión y eficiencia en la obtención de coordenadas absolutas. Además, su uso en el campo suele ser más lento debido a la necesidad de realizar mediciones manuales.

La estación total integra la medición de ángulos y distancias, lo que acelera el proceso de levantamiento topográfico y reduce el tiempo de trabajo en el campo, ofreciendo alta precisión en ambas mediciones. Es ideal para proyectos de mediana a gran escala. Sin embargo, requiere una línea de vista directa y puede verse afectada por condiciones atmosféricas adversas. Además, su costo inicial y de mantenimiento es superior al del teodolito.

El RTK (Real-Time Kinematic) proporciona coordenadas precisas en tiempo real, con alta exactitud horizontal y vertical, y es muy eficiente en el campo, incluso en terrenos complejos. Sin embargo, su alto costo inicial y la necesidad de capacitación avanzada son desventajas, y la precisión puede verse afectada por la señal GPS y las correcciones diferenciales. Para proyectos que requieren alta precisión y enfrentan terrenos difíciles, el RTK es la mejor opción. La estación total ofrece un buen equilibrio entre precisión y costo, mientras que el teodolito, aunque menos eficiente, es adecuado para proyectos con presupuesto limitado o donde la precisión angular es fundamental.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se presentan a continuación están diseñadas para optimizar el uso de diversas herramientas y técnicas topográficas. Basadas en un análisis comparativo de tecnologías como el teodolito, la estación total y el sistema RTK, estas sugerencias tienen como objetivo guiar la selección de la tecnología más adecuada según las necesidades específicas de cada proyecto. Además, se hace hincapié en la importancia de mantener al personal capacitado y en la gestión eficiente de los recursos. Al seguir estas recomendaciones, se busca no solo mejorar la precisión y la rapidez de las mediciones, sino también maximizar el uso de la tecnología disponible, asegurando que cada levantamiento topográfico se realice de manera eficaz y eficiente.

- 1. Selección de Tecnología Según el Proyecto:** Es fundamental que la tecnología topográfica elegida se ajuste a las necesidades específicas de cada proyecto. Para aquellos con presupuestos limitados y donde la precisión angular es crítica, los teodolitos representan una opción adecuada. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el tiempo necesario para completar las mediciones será mayor, lo que podría afectar la eficiencia global del proyecto. Para proyectos de mediana escala, las estaciones totales ofrecen un equilibrio entre costo y precisión, al combinar la medición de ángulos y distancias de manera eficaz. En proyectos de gran envergadura o en terrenos difíciles donde se necesita precisión en tiempo real, el uso de sistemas RTK es altamente recomendable, a pesar de su costo elevado y la necesidad de capacitación técnica especializada.
- 2. Capacitación y Desarrollo del Personal:** El éxito en la implementación de cualquier tecnología depende en gran medida de la competencia y conocimiento del equipo que la opera. Es crucial invertir en programas de capacitación continua que no solo cubran el uso básico de los equipos, sino también la resolución de problemas, el manejo de software complementario y las mejores prácticas para la recopilación y análisis de datos. La certificación del personal no solo eleva la calidad del trabajo, sino que también puede ofrecer una ventaja competitiva en el mercado.

- 3. Adopción gradual de nuevas tecnologías:** Antes de integrar una nueva tecnología de forma completa, es recomendable realizar proyectos piloto. Esta estrategia permite evaluar la funcionalidad, ventajas y posibles limitaciones del nuevo equipo en un entorno controlado, reduciendo riesgos y permitiendo ajustes antes de su implementación total. La retroalimentación obtenida de estos proyectos piloto es esencial para asegurar una integración exitosa.

- 4. Análisis de costo-beneficio:** Al evaluar la adquisición de nuevos equipos, es necesario llevar a cabo un análisis exhaustivo de costo-beneficio. Este análisis debe contemplar no solo el costo inicial del equipo, sino también los gastos relacionados con su mantenimiento, la capacitación requerida y el tiempo necesario para alcanzar el retorno de la inversión. Explorar opciones de financiamiento, subsidios o asociaciones estratégicas puede ayudar a mitigar el impacto financiero y facilitar la adquisición de tecnología avanzada sin comprometer el presupuesto del proyecto.

- 5. Mantenimiento preventivo y correctivo:** Implementar un programa de mantenimiento regular para todos los equipos topográficos es esencial para garantizar su precisión y prolongar su vida útil. Esto incluye tanto el mantenimiento preventivo como la calibración periódica de los instrumentos, junto con un plan de respuesta rápida para reparaciones correctivas. Mantener los equipos en buen estado no solo asegura resultados precisos, sino que también previene retrasos inesperados que podrían afectar el progreso del proyecto.

- 6. Optimización del tiempo de campo:** Una planificación cuidadosa de las actividades de campo es clave para maximizar la eficiencia. Utilizar software avanzado para la planificación y gestión del trabajo de campo puede agilizar el proceso, facilitando la integración de los datos recopilados con sistemas de información geográfica (SIG) u otras plataformas de análisis. Además, una logística de campo adecuada, que incluya la asignación eficiente de equipos y recursos humanos, es crucial para minimizar tiempos muertos y evitar desplazamientos innecesarios.

- 7. Documentación y validación de datos:** La documentación precisa y detallada es vital para la validación de los datos topográficos. Es recomendable establecer procedimientos estandarizados para la recopilación, verificación y almacenamiento de datos. Validar los datos recopilados con diferentes tecnologías o en diversas fases del proyecto puede ayudar a identificar y corregir inconsistencias antes de que impacten la calidad final del trabajo.

- 8. Actualización y Mejora continua:** En un campo tan dinámico como la topografía, mantenerse al día con las últimas innovaciones tecnológicas y tendencias es esencial. Participar en conferencias, seminarios y otras oportunidades de formación puede aportar conocimientos valiosos que se traduzcan en mejoras prácticas. Además, implementar un ciclo de mejora continua, basado en la retroalimentación de cada proyecto, permitirá ajustar procesos y adoptar nuevas técnicas, asegurando que los levantamientos topográficos se realicen con mayor precisión y eficiencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera Reyes, G. (2024). Estructuración histórica y evolución tecnológica de la red geodésica nacional de Chile-horizontal. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 60(1). doi:<https://doi.org/10.23854/07199562.2024601.aguilera>
- Aguirre Contreras, J. J., & Señalín Morocho, K. A. (2023). Análisis comparativo entre un levantamiento topográfico con estación total y levantamiento fotogramétrico con dron. (tesis de grado, ULVR). Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6123>
- Ainsworth, S., & Thomason, B. (2003). Where on Earth are We? The Global Positioning System (GPS) in Archaeological Field Survey. Swindon: English Heritage.
- Aura. (2015). TOPOGRAFÍA CON ESTACIÓN TOTAL.
- Baque-Solis, J. E., Cuadrado-Torres, L. M., & Palacios-Paredes, B. G. (2022). Análisis comparativo topográfico sobre levantamientos altimétricos con RTK GNSS, Estación Total y Drone en Manta. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 7(12), 586-602. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9227632>
- Besteiro, S., Etchegoin, J., Orsetti, C., & Salgado, H. (2022). Mediciones e instrumental de campo. En *Topografía: Ingeniería agronómica y forestal* (págs. 27-59). Buenos Aires: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Cadena, D., & Castañeda, K. (2024).
- Canedo Aceituno, R. (2023). *Realización de trabajos de agrimensura, nivelación simple y replanteo*. Málaga: IC Editorial.
- Castro Díaz, J. H., & Pfura Monterola, E. (2020). Uso del dron como alternativa para reducir el tiempo de levantamiento topográfico en minería. (tesis de grado, Universidad Tecnológica del Perú). Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12867/4545>

- CONSTRUNEIC. (18 de mayo de 2024). *TEODOLITO que es ? como funciona, partes -GUIA 2024*. Obtenido de CONSTRUNEIC: https://construneic.com/topografia/teodolito/#Tipos_de_Teodolitos
- Cruz Hernández, J. M., & Escobar Gutiérrez, F. (2021). Replanteo y análisis comparativo de los protocolos de comunicación en sistema rtk. (tesis de grado, Universidad de Ciencias y Arte de Chiapas). Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12753/2053>
- Cruz Meléndez, E. (2008). *Estación total aplicada al levantamiento topográfico de una comunidad rural*. Recuperado el 15 de Febrero de 2024, de <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/83/1/Estacion%20total%20apli>
- Cuque Castañeda, J. A. (2020). Determinación del grado de precisión de un levantamiento fotogramétrico respecto a un procedimiento topográfico con teodolito para la medición de terrenos y otras aplicaciones. (tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala). Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/15493>
- De la Cruz González, J. (2005). Incertidumbre y errores en topografía. En U. P. II. Madrid.
- Díaz Hurtado, R. N., & Rodríguez Culma, B. N. (2022). Modelamiento de la zona de inundación en el margen del Río Magdalena en el municipio de Girardot-Cundinamarca. (tesis de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios). Obtenido de <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/17146>
- Ferreiro, L. D. (2024). *La medida de la Tierra: La expedición científica ilustrada que cambio nuestro mundo*. Madrid: Desperta Ferro Ediciones.
- Galárraga Benavides, L. F., & Jaramillo Bravo, A. S. (2021). Análisis de soluciones y precisiones de posicionamiento de datos GNSS de estaciones REGME, con constelaciones GPS y GLONASS, empleando GAMIT/GLOBK y Bernese. (tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE).

- García Álvarez, D. (2008). Sistema GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM). (tesis de grado, Universidad Autónoma de Madrid). Obtenido de <https://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20080125DavidGarcia.pdf>
- Gazpio, A. M. (2018). GNSS y aumentación: pasado, presente y futuro. *Estudios de Vigilancia y Prospectiva Tecnológica en el área de Defensa y Seguridad*.
- Geosystems, L. (s.f.). *Topografía México*. Obtenido de <https://www.topografiamexico.mx/estacion-total-leica-ts06/>
- Gil León, L. E. (2019). Levantamientos topográficos. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Gobierno electronico.gob.ec. (2016). *LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, USO Y GESTIÓN DE SUELO*. Obtenido de Gobierno electronico: <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Ley-Organica-de-Ordenamiento-Territorial-Uso-y-Gestion-de-Suelo1.pdf>
- Hernández Valencia, L. (2011). *Manual de operación de la Estación Total*. Recuperado el 13 de Febrero de 2024, de http://www.abreco.com.mx/manuales_topografia/teodolitos_estaciones/Man
- Hormazábal Maluenda, J. A. (2023). Caracterización de señales de deformación cortical en series de tiempo GNSS en el norte de Chile. (tesis de grado, Universidad de Chile). Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/200377>
- Huamani Olivera, K. (2019). Comparación de la precisión de un levantamiento topográfico convencional y no convencional para Proyectos Civiles del AA. HH Miramar–distrito de San Martín de Porres–2019. (tesis de grado, Universidad César Vallejo).
- Jimenez Calero, N. M., Magaña Monge, A. O., & Soriano Melgar, E. (2019). ., Análisis comparativo entre levantamientos Topográficos con Estación Total como método directo y el uso de drones y GPS como métodos indirectos. (tesis de

grado, Universidad de El Salvador). Obtenido de <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/20697>

Jumbo Castillo, F. A., Novillo Vicuña, J. P., Honores Tapia, J. A., & Cárdenas Villavicencio, O. E. (2024). Aplicación de técnicas de SIG en la codificación de áreas de captación de la unidad hidrográfica 13946. *REVISTA ODIGOS*, 5(1), 69-86. doi:<https://doi.org/10.35290/re.v5n1.2024.1138>

Li, X., Huang, J., Li, X., Shen, Z., Han, J., Li, L., & Wang, B. (2022). Review of PPP-RTK: achievements, challenges, and opportunities. *Satellite Navigation*, 3(1), 28. doi:<https://doi.org/10.1186/s43020-022-00089-9>

Lugo Marín, J. J., Carrasquero, H. E., & Gómez Rivero, J. O. (2020). Evaluación de gestión de seguridad de la información en los sistemas de información gerencial como herramienta de competitividad en empresas de servicios de ensayos no destructivos en la ciudad de Lima-Perú. *Revista Qualitas*, 19(19), 062-076. Obtenido de <https://revistas.unibe.edu.ec/index.php/qualitas/article/view/42>

Luna Gómez, M. A., & Ramírez Rodríguez, Y. (2023). Estudios técnicos topográficos para la adecuación y mejoramiento del polideportivo barrio Tierra Linda municipio de los Patios Cúcuta Norte de Santander. (tesis de grado, Universidad Francisco de Paula Santander). Obtenido de <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/7288>

Martínez Macancela, J. S., & Bermeo Cabrera, V. F. (2023). Análisis comparativo de precisión y eficiencia de tecnologías topográficas para levantamientos: fotogrametría y LIDAR aerotransportado con Dron y receptor GNSS (modo RTK), aplicado al parque El Paraíso de la ciudad de Cuenca. (tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana).

McCormac, J. (2007). Topografía. Ciudad de México, México: Limusa Wiley.

Medrano Sullca, G. M. (2022). Levantamiento topográfico con estación total para la calibración de productos obtenidos con vuelo de dron, caso saneamiento básico Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura. (tesis de grado,

Universidad Ricardo Palma). Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/6121>

Navarro Hudiel, S. J. (2008). Curvas de nivel. *Topografía II*, 1-21. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/folleto-topografia-ii.pdf>

Normalización. (2015). INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURA SUBTERRÁNEA DETECCIÓN Y MAPEO DE SERVICIOS BÁSICOS O INFRAESTRUCTURA SUBTERRÁNEA. En *NTE INEN 2873* (pág. 04). Quito.

Oropeza Julcarima, J. (2023). Análisis comparativo de productos cartográficos elaborados a escala grande, obtenidos mediante fotogrametría con RPAS y topografía con tecnología GNSS – RTK. (tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos).

Pachas, R. L. (2009). EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: USO DEL GPS Y ESTACIÓN TOTAL. *Levantamiento Topográfico*, VIII(16), 29-45. Obtenido de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/30397/articulo3.pdf;jsessionid=36C698235349461FC1557C2B9CF23DDE?sequence=1>

Pariona Ccoicca, F. A. (2023). Evaluación de error de cierre de levantamiento topográfico realizado con estación total y sistema de posicionamiento global diferencial. (tesis de grado, Universidad Peruana los Andes). Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12848/7445>

Pinto, S. J. (2019). Levantamiento Topográfico con RTK. (tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/33168>

Quintana Ramirez, C. A., & Acevedo Castrillon, E. J. (2023). Estudios técnicos para la construcción del comedor infantil y cancha multifuncional del barrio Brisas del Trigal ubicado en el Municipio Cúcuta departamento norte de Santander. (tesis de grado, Universidad Francisco de Paula Santander). Obtenido de <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/7293>

Rodríguez Barón, I. F., Córdoba Montoya, J. C., Vargas Cañón, J. S., Orduy Rodríguez, J. E., & Gamba Torres, J. C. (2023). Análisis espacial de ubicación

de antenas para la conectividad mediante la aplicación de herramientas SIG.
Fuentes: El reventón energético, 21(1), 7-17.

Salazar Apaza, M. A. (2023). Uso de herramientas de sistema de información geográfica para la generación y publicación web del mapa arancelario del ámbito urbano del distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco. (tesis de grado, Universidad Nacional Federico Villarreal). Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.13084/7709>

Sokkia. (2011). *Estación total avanzada FX*. Recuperado el 14 de Febrero de 2024, de SOKKIA SERIES FX: <https://us.sokkia.com/es/productos/instrumentos-%C3%B3pticos/sin-reflectorprisma/estaci%C3%B3n-total-avanzada-fx>

Stewart, T. (4 de diciembre de 2021). *Conoce el receptor RTK y sus funciones*. Obtenido de TOPOSERVIS: <https://toposervis.com/conoce-el-receptor-rtk-y-sus-funciones/>

Terán Limaico, E. J. (2022). Análisis de los aspectos técnicos y económicos de los equipos GPS y GNSS con corrección diferencial RTK y NTRIP con fines catastrales en el casco urbano de la ciudad de Urququí. (tesis de grado, Universidad Técnica del Norte). Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12654>

TOPOSERVIS. (24 de octubre de 2021). *¿Qué es y para qué sirve un GNSS?* Obtenido de TOPOSERVIS: <https://toposervis.com/que-es-y-para-que-sirve-un-gnss/>

Universo, D. E. (12 de Abril de 2022). El 23 % del suelo urbano de Guayaquil se concentra en el sector de la vía a la costa, considerado el nuevo polo de desarrollo, donde se construirá el aeropuerto de Daular. *La zona urbana y rural de la vía*.

Vásquez, A. (2009). Estación Total. En GEOBAX (Ed.). Colombia.

Velasco Álvarez, S. M. (2021). Análisis de la técnica de corrección de posicionamiento preciso "RTK" utilizando sistemas de navegación multiconstelación para analizar la precisión en la posición final (PVT). (tesis de grado, Escuela

Superior Politécnica de Chimborazo). Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/20667>

Venta de Equipos De Topografía, G. Y. (Abril de 2021). *Facebook*. Obtenido de <https://www.facebook.com/TopoVenta/photos/a.166279963566210/1537212216472971/?type=3>

Vera, G. A. (2021). Levantamientos batimétricos mediante el uso de sistemas GNSS/RTK de alta precisión. (tesis de grado, Universidad de la Defensa Nacional). Obtenido de <http://cefadigital.edu.ar/handle/1847939/1824>

Yamasqui Sarmiento, J. D. (2022). Evaluación y valoración de levantamientos topográficos mediante aerofotogrametría y métodos tradicionales, utilizando estación total o GPS diferencial. (tesis de grado, Universidad Nacional de Chimborazo). Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9089>

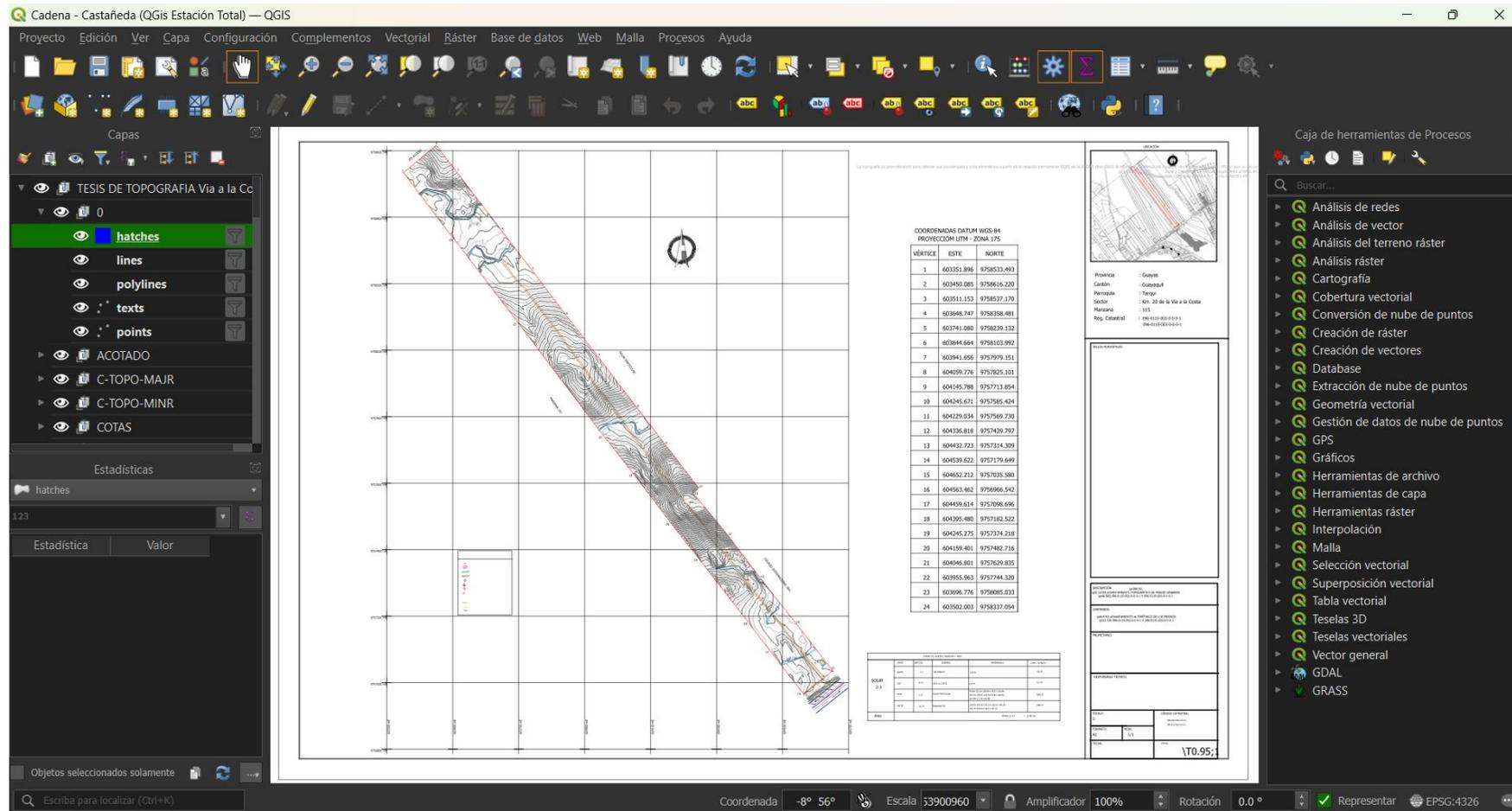
Zeiske, K. (2000). *Principios básicos de Topografía*. Recuperado el 13 de Febrero de 2024, de <http://www.aguatop.cl/archivos/PRINCIPIOS%20BASICOS%20DE%20TOP>

Zidan, J., Adegoke, E., Kampert, E., Birrell, S., Ford, C., & Higgins, M. D. (2020). GNSS vulnerabilities and existing solutions: A review of the literature. *IEEE Access*, 9, 153960-153976. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/8998218>

ANEXOS

Anexo 1

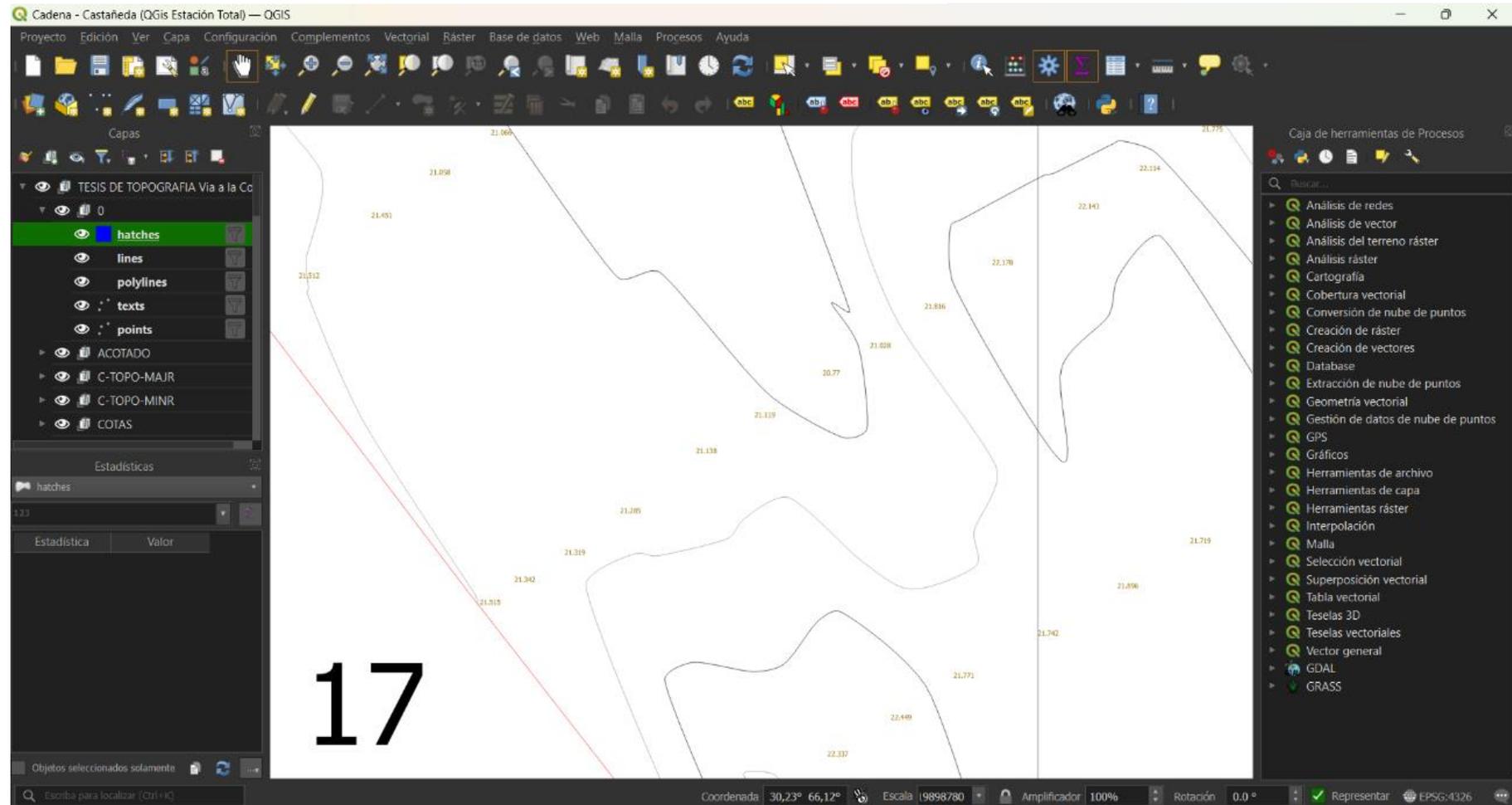
Plano de levantamiento planialtimétrico (Estación Total)



Elaborado por: Cadena y Castañeda, (2024)

Anexo 2

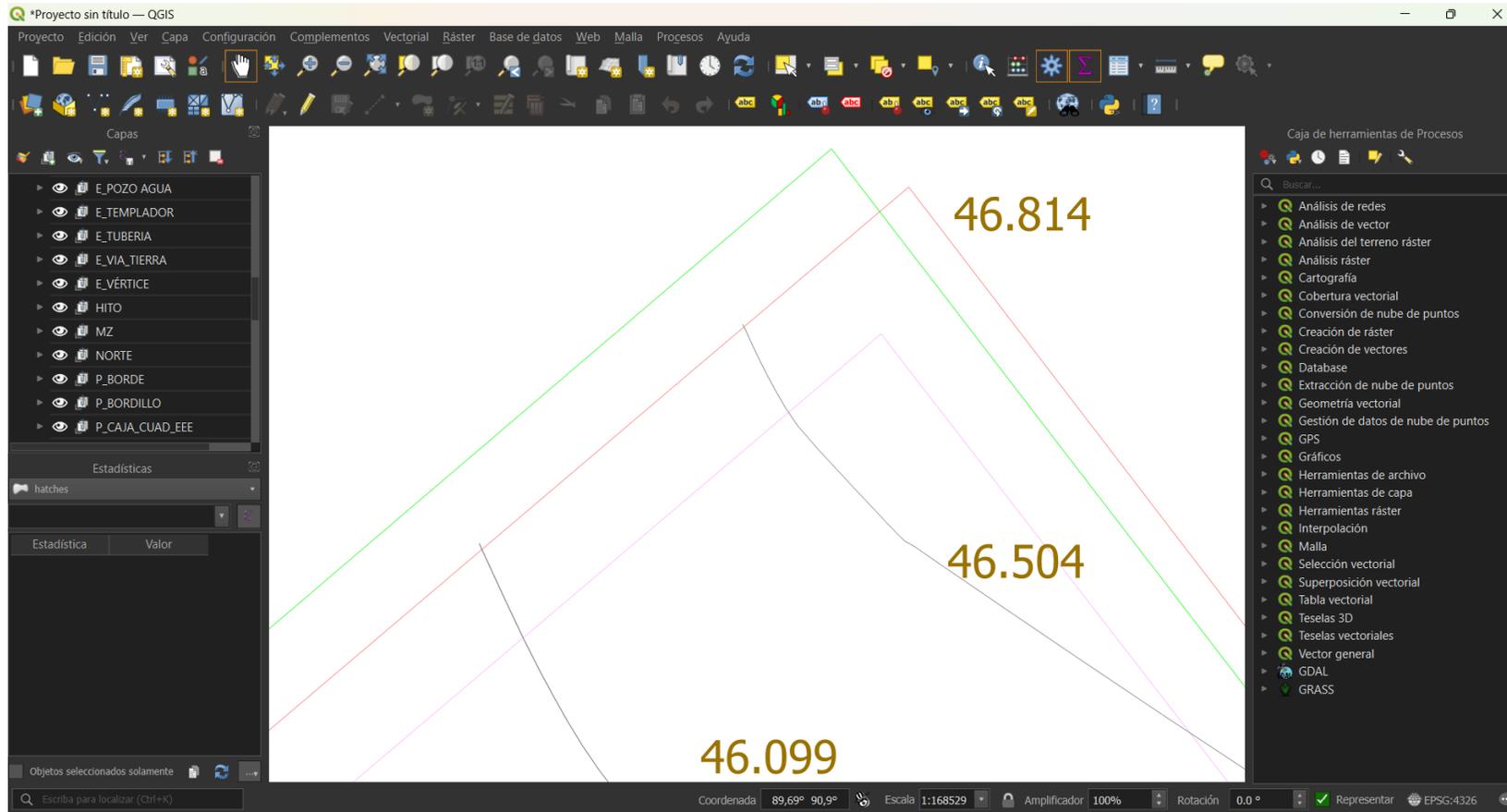
Curvas de nivel con estación total



Elaborado por: Cadena y Castañeda, (2024)

Anexo 3

Diferencia de levantamiento entre los 3 métodos



Elaborado por: Cadena y Castañeda, (2024)

Anexo 4

Datos tomados con la estación total

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
1	604014.509	9757781.565	26.101	tn
2	604015.064	9757780.252	26.936	tn
3	604013.992	9757782.698	27.003	tn
4	604026.508	9757779.525	26.446	tn
5	604032.621	9757770.764	26.566	tn
6	604028.936	9757776.274	26.078	tn
7	604021.714	9757779.774	26.372	tn
8	604021.836	9757777.834	26.503	tn
9	604020.418	9757782.87	26.76	tn
10	604001.939	9757781.401	27.103	tn
11	604002.539	9757786.243	27.295	tn
12	604002.279	9757783.415	26.861	tn
13	603956.034	9757744.953	28.395	tn
14	603958.385	9757747.118	28.374	tn
15	603975.457	9757760.024	27.954	tn
16	603978.615	9757762.264	27.736	tn
17	603982.561	9757765.318	27.688	tn
18	603986.991	9757768.774	27.36	tn
19	603991.836	9757772.238	27.225	tn
20	603996.692	9757776.018	27.079	tn
21	604001.638	9757780.176	27.227	tn
22	604006.252	9757783.752	27.141	tn
23	604009.366	9757786.043	27.187	tn
24	604058.345	9757826.068	27.921	tn
25	604055.919	9757824.085	27.991	tn
26	604052.378	9757821.082	27.767	tn
27	604049.488	9757818.652	27.689	tn
28	604045.259	9757815.813	27.654	tn
29	604045.42	9757815.788	27.651	tn
30	604041.427	9757812.637	27.577	tn
31	604037.576	9757809.226	27.455	tn
32	604033.953	9757805.96	27.492	tn
33	604030.146	9757802.538	27.485	tn
34	604026.292	9757799.281	27.511	tn
35	604022.719	9757796.53	27.523	tn
36	604019.248	9757793.569	27.417	tn
37	604016.813	9757791.505	27.319	tn
38	603974.668	9757772.753	27.364	tn
39	603975.661	9757776.894	27.158	tn
40	603976.166	9757778.92	27.518	tn

41	603986.08	9757782.051	27.29	tn
42	603987.813	9757779.789	26.814	tn
43	603988.747	9757778.563	27.211	tn
44	603963.832	9757779.256	28.028	tn
45	603965.041	9757776.423	27.202	tn
46	603965.599	9757773.308	28.271	tn
47	603946.495	9757759.981	28.169	tn
48	603945.051	9757761.788	27.375	tn
49	603943.664	9757765.078	27.614	tn
50	603954.344	9757772.845	27.672	tn
51	603955.412	9757771.522	27.303	tn
52	603957.605	9757768.899	28.044	tn
53	604076.097	9757753.434	25.942	tn
54	604073.3	9757755.333	25.773	tn
55	604070.758	9757756.968	25.885	tn
56	604040.196	9757785.771	26.044	tn
57	604040.788	9757784.063	25.845	tn
58	604041.856	9757782.66	26.137	tn
59	604051.233	9757785.42	26.321	tn
60	604050.815	9757782.2	25.874	tn
61	604050.73	9757778.241	26.126	tn
62	604057.684	9757767.987	26.145	tn
63	604054.423	9757765.739	25.815	tn
64	604052.105	9757764.999	26.04	tn
65	604054.288	9757752.205	25.993	tn
66	604056.995	9757753.344	25.845	tn
67	604059.493	9757754.282	25.989	tn
68	604065.987	9757750.751	26.087	tn
69	604067.107	9757748.663	25.671	tn
70	604068.781	9757746.593	26.136	tn
71	604080.753	9757756.144	25.987	tn
72	604081.549	9757758.56	25.758	tn
73	604081.735	9757762.052	25.964	tn
74	604091.518	9757768.64	25.983	tn
75	604093.232	9757767.62	25.729	tn
76	604094.602	9757766.412	25.747	tn
77	604096.938	9757764.173	25.963	tn
78	604423.529	9757306.181	21.994	tn
79	604425.163	9757307.489	21.208	tn
80	604425.77	9757308.198	20.486	tn
81	604427.256	9757309.498	19.011	tn
82	604427.944	9757309.902	19.59	tn
83	604429.626	9757311.402	20.162	tn
84	604431.833	9757313.154	20.187	tn
85	604438.188	9757307.295	19.901	tn

86	604436.889	9757305.784	19.491	tn
87	604434.636	9757304.35	19.641	tn
88	604432.683	9757302.231	19.168	tn
89	604432.093	9757301.292	19.78	tn
90	604431.383	9757300.066	21.385	tn
91	604430.074	9757298.044	22.288	tn
92	604440.17	9757303.532	20.173	tn
93	604440.077	9757302.01	18.708	tn
94	604440.009	9757300.47	19.818	tn
95	604422.538	9757320.402	19.987	tn
96	604421.009	9757319.588	19.549	tn
97	604419.737	9757318.923	20.078	tn
98	604418.958	9757318.259	20.666	tn
99	604417.93	9757316.9	21.644	tn
100	604403.105	9757323.236	23.109	tn
101	604400.164	9757321.675	22.914	tn
102	604397.625	9757319.856	23.315	tn
103	604394.181	9757318.566	23.135	tn
104	604390.982	9757317.066	22.807	tn
105	604388.315	9757315.122	22.623	tn
106	604384.099	9757324.184	21.931	tn
107	604385.024	9757327.514	21.154	tn
108	604385.128	9757329.237	20.28	tn
109	604385.181	9757331.071	21.04	tn
110	604385.314	9757333.879	21.965	tn
111	604391.729	9757336.053	21.669	tn
112	604391.7	9757333.78	20.938	tn
113	604392.06	9757332.068	20.445	tn
114	604392.053	9757330.333	20.674	tn
115	604392.407	9757328.259	21.172	tn
116	604392.262	9757326.094	22.017	tn
117	604370.94	9757337.143	21.309	tn
118	604371.679	9757338.84	20.864	tn
119	604372.652	9757341.36	21.587	tn
120	604413.324	9757336.113	21.329	tn
121	604412.226	9757334.717	20.378	tn
122	604411.211	9757333.613	19.802	tn
123	604410.385	9757332.699	20.141	tn
124	604409.308	9757331.053	21.035	tn
125	604408.678	9757329.693	21.287	tn
126	604397.304	9757358.663	21.478	tn
127	604396.307	9757357.76	22.139	tn
128	604393.843	9757355.703	22.371	tn
129	604390.906	9757353.091	22.312	tn
130	604388.588	9757350.956	23.232	tn
131	604386.085	9757348.47	22.353	tn
132	604382.413	9757344.741	22.689	tn
133	604379.262	9757342.768	22.976	tn

134	604376.736	9757341.003	22.266	tn
135	604375.06	9757339.981	21.919	tn
136	604370.923	9757336.282	21.405	tn
137	604365.976	9757332.399	21.583	tn
138	604312.253	9757291.384	28.509	tn
139	604316.068	9757294.287	28.445	tn
140	604319.433	9757296.892	28.199	tn
141	604322.999	9757299.308	27.854	tn
142	604326.626	9757302.104	27.294	tn
143	604330.312	9757304.955	26.485	tn
144	604334.319	9757308.055	25.842	tn
145	604337.629	9757310.893	25.244	tn
146	604341.126	9757313.658	24.601	tn
147	604344.713	9757316.569	24.244	tn
148	604349.037	9757319.963	23.909	tn
149	604352.061	9757322.218	23.711	tn
150	604356.767	9757325.647	23.201	tn
151	604359.599	9757328.019	22.921	tn
152	604362.811	9757330.092	22.22	tn
153	604272.163	9757342.47	22.604	tn
154	604272.464	9757341.496	22.008	tn
155	604273.112	9757340	22.624	tn
156	604286.054	9757340.648	22.444	tn
157	604286.784	9757342.618	22.19	tn
158	604286.814	9757343.242	22.089	tn
159	604286.963	9757344.93	22.525	tn
160	604296.726	9757345.313	22.364	tn
161	604297.205	9757343.092	21.826	tn
162	604297.484	9757341.965	22.373	tn
163	604315.477	9757345.648	21.875	tn
164	604315.464	9757343.003	21.565	tn
165	604315.647	9757341.002	21.728	tn
166	604326.154	9757349.654	22.78	tn
167	604326.094	9757347.721	22.408	tn
168	604326.245	9757345.002	21.489	tn
169	604326.84	9757343.663	21.63	tn
170	604327.38	9757339.435	22.369	tn
171	604341.52	9757344.73	21.638	tn
172	604344.892	9757347.813	21.177	tn
173	604337.485	9757340.879	22.034	tn
174	604334.331	9757338.096	22.42	tn
175	604330.43	9757335.187	22.981	tn
176	604326.099	9757331.861	23.363	tn
177	604321.955	9757328.375	23.806	tn

178	604318.343	9757325.881	23.978	tn
179	604314.015	9757322.291	24.079	tn
180	604311.83	9757320.519	24.291	tn
181	604308.815	9757318.494	24.588	tn
182	604305.574	9757315.96	24.799	tn
183	604650.938	9757035.981	18.872	tn
184	604645.549	9757033.068	19.108	tn
185	604640.232	9757029.234	19.367	tn
186	604635.058	9757025.117	19.361	tn
187	604629.706	9757020.784	19.349	tn
188	604626.201	9757018.184	19.571	tn
189	604616.665	9757010.926	20.201	tn
190	604610.911	9757007.157	20.461	tn
191	604607.05	9757003.24	20.58	tn
192	604603.472	9756999.788	20.541	tn
193	604599.96	9756996.974	21.121	tn
194	604595.373	9756993.374	21.205	tn
195	604590.015	9756989.285	21.392	tn
196	604584.639	9756985.166	21.702	tn
197	604579.231	9756980.496	21.808	tn
198	604574.016	9756976.523	21.951	tn
199	604566.634	9756971.552	22.313	tn
200	604563.321	9756967.919	22.525	tn
201	604635.776	9757054.956	18.791	tn
202	604631.572	9757052.316	18.658	tn
203	604626.741	9757047.935	18.86	tn
204	604623.683	9757045.266	18.905	tn
205	604617.771	9757040.439	19.021	tn
206	604613.914	9757037.727	19.217	tn
207	604611.83	9757035.229	19.378	tn
208	604603.982	9757030.259	19.89	tn
209	604600.516	9757028.138	20.344	tn
210	604594.764	9757024.26	20.635	tn
211	604590.728	9757021.835	21.083	tn
212	604589.631	9757020.99	21.537	tn
213	604584.384	9757017.751	21.836	tn
214	604578.961	9757014.404	22.18	tn
215	604574.826	9757011.211	22.629	tn
216	604571.047	9757009.361	22.752	tn
217	604567.46	9757007.369	22.848	tn
218	604564.538	9757005.624	22.755	tn
219	604559.869	9757002.16	22.976	tn
220	604555.678	9757000.154	23.167	tn
221	604555.155	9757018.831	22.84	tn

222	604560.393	9757022.793	23.113	tn
223	604566.204	9757026.824	22.489	tn
224	604571.476	9757029.629	22.047	tn
225	604576.552	9757032.673	22.132	tn
226	604582.843	9757036.104	21.407	tn
227	604587.739	9757039.406	20.738	tn
228	604591.625	9757042.208	20.051	tn
229	604599.706	9757049.882	19.283	tn
230	604604.724	9757052.873	19.162	tn
231	604608.561	9757056.21	19.126	tn
232	604612.41	9757059.457	19.15	tn
233	604612.274	9757084.585	18.643	tn
234	604608.441	9757081.291	18.761	tn
235	604603.497	9757077.399	18.776	tn
236	604598.627	9757072.914	18.883	tn
237	604592.607	9757068.261	19.052	tn
238	604588.087	9757064.344	19.307	tn
239	604581.329	9757058.482	19.801	tn
240	604578.427	9757056.192	20.396	tn
241	604574.526	9757053.865	21.202	tn
242	604568.298	9757050.604	21.621	tn
243	604560.798	9757046.371	22.016	tn
244	604554.172	9757043.276	22.565	tn
245	604602.593	9757096.823	18.704	tn
246	604596.263	9757093.127	18.897	tn
247	604587.378	9757087.938	18.895	tn
248	604581.74	9757084.555	19.034	tn
249	604577.062	9757081.048	19.18	tn
250	604574.168	9757078.424	19.292	tn
251	604568.525	9757074.221	19.922	tn
252	604565.482	9757072.204	20.893	tn
253	604561.359	9757069.581	21.529	tn
254	604556.211	9757065.849	21.49	tn
255	604550.262	9757062.283	21.482	tn
256	604545.732	9757059.899	21.723	tn
257	604527.077	9757014.628	22.742	tn
258	604530.643	9757017.339	23.068	tn
259	604534.076	9757020.613	22.705	tn
260	604540.368	9757027.126	22.472	tn
261	604544.162	9757030.949	22.424	tn
262	604548.312	9757033.646	22.437	tn
263	604553.745	9757017.407	22.999	tn
264	604546.24	9757012.852	22.877	tn
265	604537.62	9757007.732	22.82	tn

266	604560.608	9757105.947	19.925	tn
267	604564.631	9757109.529	19.776	tn
268	604568.278	9757113.164	19.56	tn
269	604571.126	9757115.981	19.592	tn
270	604573.997	9757118.432	19.552	tn
271	604578.194	9757122.24	19.345	tn
272	604581.316	9757124.286	19.329	tn
273	604492.081	9757063.112	22.161	tn
274	604495.346	9757065.666	22.236	tn
275	604500.792	9757068.845	21.84	tn
276	604505.906	9757070.787	21.758	tn
277	604512.719	9757074.463	21.943	tn
278	604519.307	9757076.597	21.774	tn
279	604526.061	9757080.293	21.933	tn
280	604533.461	9757084.64	21.926	tn
281	604540.707	9757088.783	21.213	tn
282	604546.506	9757093.143	21.219	tn
283	604549.592	9757095.924	20.38	tn
284	604549.466	9757124.82	19.605	tn
285	604569.149	9757135.424	19.216	tn
286	604566.272	9757133.637	19.539	tn
287	604561.591	9757131.391	19.325	tn
288	604557.488	9757128.88	19.351	tn
289	604553.006	9757126.429	19.383	tn
290	604543.834	9757121.637	19.692	tn
291	604536.369	9757116.903	20.098	tn
292	604530.595	9757113.475	21.202	tn
293	604475.85	9757082.587	21.652	tn
294	604479.821	9757085.2	22.577	tn
295	604484.454	9757087.937	22.337	tn
296	604488.978	9757090.539	22.449	tn
297	604493.46	9757093.505	21.771	tn
298	604499.479	9757096.488	21.742	tn
299	604505.179	9757099.857	21.896	tn
300	604510.372	9757103.054	21.719	tn
301	604515.523	9757105.651	21.577	tn
302	604521.71	9757109.298	22.239	tn
303	604527.101	9757111.716	21.604	tn
304	604530.404	9757113.755	21.639	tn
305	604462.08	9757100.298	21.342	tn
306	604465.664	9757102.218	21.319	tn
307	604469.634	9757105.186	21.285	tn
308	604475.056	9757109.421	21.138	tn
309	604479.242	9757111.98	21.119	tn

310	604484.114	9757114.948	20.77	tn
311	604487.486	9757116.883	21.028	tn
312	604491.394	9757119.665	21.816	tn
313	604496.217	9757122.768	22.178	tn
314	604502.388	9757126.76	22.143	tn
315	604506.751	9757129.451	22.114	tn
316	604511.224	9757132.238	21.775	tn
317	604514.389	9757134.785	21.121	tn
318	604517.169	9757136.719	20.747	tn
319	604522.886	9757141.719	20.436	tn
320	604526.129	9757144.612	20.106	tn
321	604530.899	9757148.349	20.024	tn
322	604536.466	9757152.401	19.945	tn
323	604541.952	9757157.152	19.961	tn
324	604545.91	9757160.781	19.759	tn
325	604549.998	9757164.009	19.628	tn
326	604530.759	9757184.338	19.333	tn
327	604526.934	9757181.465	19.452	tn
328	604522.582	9757178.419	19.553	tn
329	604517.895	9757174.791	19.743	tn
330	604513.086	9757170.772	19.929	tn
331	604509.478	9757168.191	20.093	tn
332	604505.65	9757164.988	20.191	tn
333	604446.665	9757121.848	21.512	tn
334	604451.86	9757126.123	21.451	tn
335	604456.013	9757129.17	21.058	tn
336	604460.398	9757131.992	21.066	tn
337	604464.505	9757134.72	20.845	tn
338	604469.457	9757138.849	20.803	tn
339	604475.602	9757142.913	20.673	tn
340	604481.193	9757146.785	20.621	tn
341	604486.868	9757150.838	20.441	tn
342	604491.957	9757154.694	20.374	tn
343	604496.626	9757157.72	20.293	tn
344	604499.491	9757160.404	20.18	tn
345	604518.814	9757203.034	19.512	tn
346	604515.15	9757201.187	19.416	tn
347	604510.341	9757198.272	19.552	tn
348	604506.403	9757195.953	19.65	tn
349	604501.001	9757193.4	19.642	tn
350	604497.927	9757191.053	19.667	tn
351	604493.601	9757188.913	19.754	tn
352	604490.084	9757185.693	19.837	tn
353	604483.57	9757180.94	20.149	tn

354	604480.533	9757178.711	20.256	tn
355	604427.621	9757148.024	21.834	tn
356	604430.74	9757150.676	21.307	tn
357	604436.736	9757154.159	21.174	tn
358	604441.183	9757157.082	21.029	tn
359	604446.597	9757159.927	20.812	tn
360	604454.06	9757164.213	20.59	tn
361	604460.743	9757168.159	20.509	tn
362	604465.754	9757170.547	20.286	tn
363	604470.711	9757173.245	20.235	tn
364	604477.199	9757177.08	20.035	tn
365	604414.46	9757162.518	21.768	tn
366	604417.905	9757165.118	21.438	tn
367	604421.853	9757168.004	21.23	tn
368	604426.162	9757171.208	21.179	tn
369	604430.428	9757174.479	21.115	tn
370	604435.894	9757178.597	20.887	tn
371	604435.8	9757178.605	20.854	tn
372	604439.812	9757181.731	20.892	tn
373	604444.514	9757185.118	20.516	tn
374	604452.002	9757190.266	20.135	tn
375	604455.657	9757192.997	19.718	tn
376	604457.734	9757194.479	19.489	tn
377	604498.997	9757227.787	19.121	tn
378	604498.982	9757227.713	19.1	tn
379	604495.249	9757224.549	19.299	tn
380	604490.765	9757221.037	19.337	tn
381	604485.798	9757216.467	19.262	tn
382	604480.422	9757212.843	19.387	tn
383	604475.195	9757208.518	19.475	tn
384	604346.122	9757249.368	25.164	tn
385	604349.797	9757251.795	25.263	tn
386	604352.576	9757254.048	25.268	tn
387	604357.74	9757257.868	25.151	tn
388	604361.725	9757260.768	25.311	tn
389	604367.222	9757264.539	25.365	tn
390	604372.891	9757268.894	25.436	tn
391	604378.119	9757272.717	25.463	tn
392	604384.998	9757277.58	25.417	tn
393	604389.913	9757281.097	25.283	tn
394	604396.312	9757284.48	26.46	tn
395	604398.893	9757286.95	24.62	tn
396	604400.529	9757288.228	24.086	tn
397	604406.612	9757292.929	23.68	tn

398	604409.713	9757295.038	24.012	tn
399	604413.798	9757298.07	24.075	tn
400	604416.861	9757300.705	23.706	tn
401	604419.823	9757304.148	22.889	tn
402	604422.781	9757306.413	22.124	tn
403	604424.872	9757308.052	21.075	tn
404	604425.729	9757308.84	20.264	tn
405	604429.952	9757311.638	20.191	tn
406	604418.701	9757262.008	22.45	tn
407	604414.656	9757260.1	22.618	tn
408	604407.248	9757254.975	22.669	tn
409	604402.753	9757251.807	22.87	tn
410	604398.53	9757249.424	22.947	tn
411	604393.66	9757246.413	23.067	tn
412	604389.825	9757244.253	23.194	tn
413	604385.634	9757241.846	23.282	tn
414	604380.375	9757238.314	23.331	tn
415	604373.255	9757233.914	23.422	tn
416	604367.124	9757230.861	23.538	tn
417	604384.869	9757209.905	22.536	tn
418	604389.435	9757213.396	22.383	tn
419	604394.44	9757216.166	22.166	tn
420	604400.585	9757219.962	22.001	tn
421	604406.907	9757223.706	21.888	tn
422	604410.988	9757226.786	21.796	tn
423	604416.519	9757230.819	21.648	tn
424	604420.711	9757233.674	21.637	tn
425	604427.191	9757237.593	21.306	tn
426	604432.074	9757240.845	21.26	tn
427	604435.049	9757242.648	21.205	tn
428	604440.198	9757246.25	21.228	tn
429	604443.314	9757248.474	21.027	tn
430	604447.091	9757251.093	20.862	tn
431	604450.701	9757253.397	20.765	tn
432	604455.425	9757256.12	20.604	tn
433	604459.349	9757258.797	20.36	tn
434	604463.8	9757261.858	20.26	tn
435	604468.719	9757265.088	20.082	tn
436	604425.608	9757266.584	22.305	tn
437	604431.688	9757270.753	22.188	tn
438	604437.096	9757273.634	22.01	tn
439	604443.696	9757278.792	21.158	tn
440	604448.318	9757281.441	20.779	tn
441	604452.641	9757284.407	20.933	tn

442	604456.466	9757226.917	19.328	tn
443	604460.998	9757230.65	19.211	tn
444	604465.223	9757233.64	19.129	tn
445	604452.088	9757223.469	20.505	tn
446	604455.084	9757225.549	20.53	tn
447	604456.861	9757226.813	20.317	tn
448	604460.737	9757230.184	20.267	tn
449	604465.335	9757233.381	20.16	tn
450	604470.263	9757237.126	19.981	tn
451	604473.803	9757239.624	19.873	tn
452	604478.864	9757243.88	19.745	tn
453	604483.958	9757246.029	19.551	tn
454	604396.828	9757183.716	22.148	tn
455	604401.297	9757187.321	21.924	tn
456	604406.526	9757191.499	21.616	tn
457	604410.832	9757194.128	21.472	tn
458	604415.888	9757198.119	21.223	tn
459	604419.888	9757201.194	21.216	tn
460	604423.671	9757204.332	21.134	tn
461	604427.594	9757207.608	20.983	tn
462	604432.05	9757210.14	20.862	tn
463	604437.687	9757213.441	20.727	tn
464	604441.919	9757216.832	20.233	tn
465	604446.074	9757219.211	20.602	tn
466	604448.577	9757221.307	20.478	tn
467	604382.843	9757311.466	23.001	tn
468	604380.823	9757310.22	23.69	tn
469	604376.499	9757307.165	24.487	tn
470	604328.173	9757275.293	27.798	tn
471	604332.29	9757277.879	28.363	tn
472	604335.752	9757280.051	29.715	tn
473	604344.577	9757285.806	27.935	tn
474	604359.447	9757296.45	26.616	tn
475	604391.946	9757317.675	22.807	tn
476	604395.435	9757319.31	23.363	tn
477	604400.049	9757321.74	22.929	tn
478	604403.398	9757323.619	22.879	tn
479	604405.747	9757324.922	22.573	tn
480	604213.471	9757546.793	54.617	tn
481	604207.608	9757542.54	54.865	tn
482	604216.443	9757549.814	54.657	tn
483	604220.641	9757553.053	54.645	tn
484	604223.519	9757555.705	54.058	tn
485	604226.548	9757558.898	53.373	tn

486	604229.432	9757561.343	53.007	tn
487	604231.338	9757563.13	53.337	tn
488	604232.134	9757563.656	54.356	tn
489	604226.405	9757567.425	52.95	tn
490	604228.31	9757570.078	53.496	tn
491	604231.164	9757573.444	52.962	tn
492	604234.023	9757576.964	51.541	tn
493	604237.13	9757580.441	50.419	tn
494	604239.676	9757583.037	49.564	tn
495	604241.935	9757584.977	48.771	tn
496	604243.195	9757586.1	48.095	tn
497	604246.467	9757546.098	54.635	tn
498	604242.257	9757542.802	54.581	tn
499	604235.966	9757538.158	54.498	tn
500	604230.828	9757533.65	54.375	tn
501	604225.928	9757529.522	54.279	tn
502	604221.403	9757525.725	54.157	tn
503	604220.299	9757524.737	53.369	tn
504	604215.4	9757521.116	53.057	tn
505	604214.118	9757520.104	53.372	tn
506	604210.766	9757517.714	53.073	tn
507	604206.094	9757515.081	52.369	tn
508	604202.238	9757512.632	51.589	tn
509	604196.781	9757509.463	50.731	tn
510	604191.046	9757506.243	49.646	tn
511	604184.367	9757502.316	49.349	tn
512	604181.448	9757498.953	46.843	tn
513	604176.849	9757495.403	45.437	tn
514	604171.595	9757492.15	44.109	tn
515	604166.373	9757489.065	43.191	tn
516	604163.382	9757486.255	41.965	tn
517	604160.535	9757483.852	41.175	tn
518	604135.619	9757514.648	43.913	tn
519	604138.798	9757517.034	44.269	tn
520	604142.358	9757519.654	45.289	tn
521	604150.433	9757525.323	46.626	tn
522	604155.018	9757529.001	47.52	tn
523	604159.791	9757532.014	48.35	tn
524	604166.525	9757538.541	51.079	tn
525	604173.562	9757542.466	50.627	tn
526	604177.855	9757545.059	51.483	tn
527	604182.841	9757548.762	52.262	tn
528	604187.713	9757552.668	52.816	tn
529	604194.254	9757557.259	53.442	tn

530	604199.597	9757561.324	54.108	tn
531	604205.596	9757565.508	53.889	tn
532	604212.842	9757570.678	53.069	tn
533	604218.483	9757573.994	52.302	tn
534	604224.474	9757577.741	51.498	tn
535	604229.763	9757580.985	50.596	tn
536	604234.229	9757583.983	49.689	tn
537	604238.651	9757587.007	48.726	tn
538	604241.847	9757588.687	48.022	tn
539	604202.414	9757538.589	55.017	tn
540	604196.727	9757534.699	54.085	tn
541	604192.252	9757531.026	53.463	tn
542	604185.36	9757527.623	52.41	tn
543	604180.778	9757525.382	51.53	tn
544	604176.544	9757522.832	50.804	tn
545	604171.248	9757520.634	49.803	tn
546	604166.045	9757516.121	48.263	tn
547	604233.929	9757507.423	50.731	tn
548	604233.951	9757507.318	50.717	tn
549	604235.906	9757508.448	51.967	tn
550	604239.098	9757510.221	52.725	tn
551	604244.922	9757514.217	53.105	tn
552	604251.097	9757517.447	53.359	tn
553	604258.333	9757521.968	53.804	tn
554	604262.57	9757525.786	54.015	tn
555	604276.595	9757509.751	50.356	tn
556	604273.474	9757507.11	50.088	tn
557	604264.072	9757500.766	49.176	tn
558	604258.272	9757496.041	47.991	tn
559	604253.12	9757493.452	47.819	tn
560	604249.188	9757491.156	47.174	tn
561	604247.319	9757490.177	46.134	tn
562	604241.54	9757485.448	45.574	tn
563	604239.082	9757483.35	45.002	tn
564	604236.072	9757480.93	44.054	tn
565	604231.87	9757478.003	43.695	tn
566	604226.471	9757474.091	42.764	tn
567	604221.322	9757470.728	42.127	tn
568	604216.549	9757467.088	41.04	tn
569	604211.061	9757462.828	40.175	tn
570	604204.148	9757457.841	38.859	tn
571	604197.148	9757453.654	37.644	tn
572	604193.268	9757451.069	36.795	tn
573	604189.821	9757448.9	36.074	tn

574	604178.852	9757476.736	41.268	tn
575	604186.083	9757480.213	42.289	tn
576	604191.643	9757483.806	43.638	tn
577	604202.473	9757490.738	45.927	tn
578	604209.327	9757493.198	46.109	tn
579	604216.791	9757496.884	48.431	tn
580	604221.282	9757499.431	49.223	tn
581	604227.353	9757502.845	49.983	tn
582	604261.629	9757471.795	40.582	tn
583	604266.297	9757474.376	41.146	tn
584	604272.534	9757477.329	41.833	tn
585	604277.475	9757479.918	42.437	tn
586	604285.757	9757484.832	43.614	tn
587	604290.372	9757487.944	44.381	tn
588	604293.469	9757490.182	44.959	tn
589	604311.022	9757468.059	40.215	tn
590	604305.693	9757464.884	39.602	tn
591	604299.913	9757461.629	38.591	tn
592	604293.312	9757457.904	37.562	tn
593	604293.31	9757457.886	37.567	tn
594	604287.876	9757455.251	36.732	tn
595	604281.686	9757452.981	36.015	tn
596	604278.434	9757451.377	35.456	tn
597	604271.497	9757447.945	35.03	tn
598	604266.064	9757445.016	34.13	tn
599	604260.155	9757440.668	34.067	tn
600	604254.026	9757437.369	33.977	tn
601	604248.201	9757433.662	33.539	tn
602	604242.562	9757431.825	34.118	tn
603	604234.042	9757427.751	33.874	tn
604	604226.298	9757423.956	33.604	tn
605	604221.295	9757420.065	32.684	tn
606	604215.366	9757415.985	31.221	tn
607	604205.472	9757431.515	33.604	tn
608	604207.441	9757432.683	34.786	tn
609	604213.422	9757438.208	35.745	tn
610	604219.307	9757443.193	36.892	tn
611	604225.427	9757447.182	37.502	tn
612	604230.122	9757450.202	37.554	tn
613	604236.312	9757454.202	38.383	tn
614	604240.88	9757457.837	38.954	tn
615	604248.288	9757462.215	39.44	tn
616	604255.859	9757466.859	39.962	tn
617	604289.605	9757438.353	32.941	tn

618	604292.316	9757440.57	33.459	tn
619	604298.231	9757444.305	34.66	tn
620	604301.505	9757446.613	35.695	tn
621	604305.239	9757449.16	36.575	tn
622	604311.103	9757452.208	36.81	tn
623	604315.403	9757454.562	37.296	tn
624	604319.575	9757456.891	37.754	tn
625	604335.188	9757438.879	33.946	tn
626	604331.254	9757435.765	33.517	tn
627	604327.516	9757433.509	32.884	tn
628	604322.513	9757428.396	31.426	tn
629	604317.422	9757425.767	30.64	tn
630	604314.28	9757423.606	30.12	tn
631	604309.533	9757420.966	29.799	tn
632	604306.987	9757418.75	29.116	tn
633	604299.785	9757412.977	28.343	tn
634	604296.978	9757410.878	27.398	tn
635	604291.112	9757407.054	26.82	tn
636	604284.421	9757403.071	26.269	tn
637	604277.574	9757397.907	25.996	tn
638	604271.004	9757392.862	25.897	tn
639	604263.267	9757386.834	25.688	tn
640	604257.823	9757382.91	25.505	tn
641	604250.683	9757378.15	25.459	tn
642	604247.967	9757376.403	24.716	tn
643	604228.847	9757401.456	28.973	tn
644	604231.313	9757402.757	30.157	tn
645	604237.762	9757407.583	30.479	tn
646	604245.756	9757413.152	30.727	tn
647	604252.21	9757418.06	31.217	tn
648	604258.255	9757421.841	30.751	tn
649	604265.84	9757425.859	30.724	tn
650	604272.536	9757430.051	30.38	tn
651	604279.638	9757433.447	31.157	tn
652	604282.714	9757434.784	32.441	tn
653	604320.803	9757400.078	25.922	tn
654	604325.287	9757403.82	26.314	tn
655	604331.781	9757407.674	26.664	tn
656	604337.4	9757411.331	27.271	tn
657	604341.78	9757414.713	28.073	tn
658	604348.015	9757415.632	28.429	tn
659	604348.089	9757415.63	28.424	tn
660	604352.517	9757418.539	29.235	tn
661	604314.298	9757394.782	24.85	tn

662	604310.292	9757391.725	25.475	tn
663	604304.999	9757387.6	26.429	tn
664	604299.198	9757383.498	26.758	tn
665	604293.411	9757382.145	26.927	tn
666	604289.933	9757380.298	28.665	tn
667	604284.303	9757378.021	28.977	tn
668	604280.075	9757376.251	27.797	tn
669	604278.432	9757375.68	26.416	tn
670	604275.327	9757373.997	25.059	tn
671	604271.698	9757371.76	24.242	tn
672	604266.435	9757367.968	23.808	tn
673	604258.703	9757362.94	23.73	tn
674	604281.461	9757335.057	23.074	tn
675	604301.816	9757347.223	23.949	tn
676	604306.098	9757348.701	24.952	tn
677	604310.307	9757351.689	25.978	tn
678	604314.343	9757355.663	26.893	tn
679	604317.792	9757358.578	26.474	tn
680	604317.637	9757358.608	26.467	tn
681	604321.08	9757361.565	25.021	tn
682	604324.831	9757365.204	24.241	tn
683	604328.019	9757367.882	23.457	tn
684	604328.488	9757368.061	23.566	tn
685	604331.373	9757370.304	23.693	tn
686	604333.797	9757372.317	23.136	tn
687	604339.589	9757376.992	23.231	tn
688	604342.285	9757379.548	23.833	tn
689	604344.514	9757380.997	24.583	tn
690	604347.794	9757383.856	24.151	tn
691	604351.667	9757387.722	23.878	tn
692	604356.718	9757391.21	24.263	tn
693	604360.04	9757393.704	24.5	tn
694	604363.597	9757395.864	25.124	tn
695	604366.718	9757397.508	25.525	tn
696	604379.1	9757380.186	23.44	tn
697	604376.811	9757377.495	23.516	tn
698	604375.239	9757376.146	23.885	tn
699	604375.345	9757376.056	23.893	tn
700	604372.632	9757373.989	23.157	tn
701	604369.996	9757371.969	23.79	tn
702	604366.45	9757369.289	23.262	tn
703	604363.653	9757365.757	22.662	tn
704	604359.049	9757361.439	22.571	tn
705	604355.713	9757358.203	22.608	tn

706	604353.605	9757356.49	22.358	tn
707	604349.069	9757352.95	22.2	tn
708	604096.783	9757566.191	40.449	tn
709	604099.966	9757568.963	40.021	tn
710	604104.523	9757573.088	38.884	tn
711	604107.929	9757576.076	37.935	tn
712	604111.141	9757578.458	36.901	tn
713	604115.831	9757580.34	35.13	tn
714	604118.801	9757582.417	35.856	tn
715	604122.633	9757585.394	36.361	tn
716	604125.764	9757588.427	36.752	tn
717	604129.547	9757591.34	37.123	tn
718	604132.633	9757594.377	37.595	tn
719	604136.064	9757597.614	38.216	tn
720	604138.962	9757600.351	38.795	tn
721	604141.851	9757603.066	38.992	tn
722	604144.119	9757605.211	39.328	tn
723	604146.393	9757606.975	39.568	tn
724	604151.323	9757610.87	39.752	tn
725	604154.675	9757614.4	40.462	tn
726	604191.959	9757645.781	41.064	tn
727	604189.205	9757643.022	41.357	tn
728	604186.119	9757640.786	41.428	tn
729	604181.645	9757636.289	41.641	tn
730	604177.49	9757633.093	41.549	tn
731	604173.621	9757630.136	41.556	tn
732	604170.218	9757627.01	41.507	tn
733	604166.358	9757623.779	41.328	tn
734	604163.453	9757621.289	41.044	tn
735	604159.91	9757618.558	40.961	tn
736	604156.838	9757615.805	40.619	tn
737	604080.391	9757587.371	39.073	tn
738	604083.041	9757589.214	38.958	tn
739	604086.499	9757591.689	38.043	tn
740	604090.02	9757594.517	37.355	tn
741	604093.558	9757596.474	36.613	tn
742	604096.291	9757598.69	35.702	tn
743	604099.619	9757601.845	34.582	tn
744	604102.997	9757604.428	33.782	tn
745	604106.309	9757607.159	32.66	tn
746	604109.786	9757610.338	31.433	tn
747	604113.171	9757612.319	32.313	tn
748	604116.968	9757614.542	32.967	tn
749	604120.845	9757617.054	33.596	tn

750	604124.057	9757619.523	34.47	tn
751	604127.372	9757621.356	34.815	tn
752	604130.089	9757623.448	35.139	tn
753	604131.984	9757624.774	35.554	tn
754	604133.281	9757625.678	36.14	tn
755	604184.107	9757658.625	39.976	tn
756	604179.991	9757655.459	40.571	tn
757	604175.956	9757653.507	40.744	tn
758	604171.283	9757650.058	40.787	tn
759	604166.111	9757647.166	40.544	tn
760	604161.577	9757644.384	40.028	tn
761	604155.879	9757640.527	39.092	tn
762	604151.618	9757637.577	38.343	tn
763	604147.143	9757634.558	37.392	tn
764	604142.829	9757631.948	36.723	tn
765	604140.432	9757629.756	36.465	tn
766	603622.634	9758191.844	31.805	tn
767	603618.341	9758189.251	31.954	tn
768	603628.225	9758195.171	31.679	tn
769	603635.513	9758198.57	31.185	tn
770	603639.914	9758201.382	31.054	tn
771	603644.111	9758204.102	30.946	tn
772	603647.308	9758205.988	30.899	tn
773	603651.817	9758209.013	30.757	tn
774	603655.764	9758211.551	30.632	tn
775	603658.608	9758213.388	30.582	tn
776	603661.87	9758215.61	30.507	tn
777	603665.409	9758217.623	30.443	tn
778	603668.471	9758219.68	30.401	tn
779	603671.581	9758221.519	30.362	tn
780	603674.562	9758223.256	30.403	tn
781	603677.575	9758225.129	30.308	tn
782	603680.724	9758227.407	30.18	tn
783	603724.186	9758252.414	29.714	tn
784	603718.315	9758249.109	29.84	tn
785	603712.822	9758246.128	29.916	tn
786	603707.616	9758242.972	29.956	tn
787	603702.286	9758239.88	29.922	tn
788	603697.257	9758237.349	30.018	tn
789	603692.387	9758234.389	30.108	tn
790	603687.731	9758231.864	30.076	tn
791	603684.22	9758229.375	30.051	tn
792	603687.043	9758307.312	29.927	tn
793	603684.287	9758309.222	29.317	tn

794	603675.199	9758294.421	30.101	tn
795	603674.054	9758297.451	29.214	tn
796	603672.022	9758302.466	29.585	tn
797	603669.918	9758305.941	29.963	tn
798	603677.37	9758313.838	29.862	tn
799	603679.36	9758312.753	29.072	tn
800	603660.014	9758306.893	30.524	tn
801	603661.474	9758304.415	29.219	tn
802	603662.544	9758302.401	29.318	tn
803	603662.834	9758301.232	29.403	tn
804	603664.972	9758297.822	29.983	tn
805	603656.485	9758286.987	30.152	tn
806	603653.752	9758288.958	29.443	tn
807	603653.021	9758289.894	29.337	tn
808	603652.145	9758290.54	29.425	tn
809	603649.496	9758292.842	30.064	tn
810	603645.502	9758282.051	29.931	tn
811	603648.21	9758280.701	29.488	tn
812	603649.469	9758279.88	29.44	tn
813	603650.08	9758279.535	29.441	tn
814	603651.522	9758278.392	29.937	tn
815	603645.517	9758268.554	30.148	tn
816	603644.54	9758269.996	29.204	tn
817	603643.827	9758270.573	29.212	tn
818	603643.45	9758271.072	29.352	tn
819	603641.833	9758272.899	29.777	tn
820	603636.708	9758272.103	30.234	tn
821	603636.737	9758269.846	29.309	tn
822	603636.813	9758270.291	29.434	tn
823	603634.929	9758273.423	30.422	tn
824	603633.953	9758271.896	29.71	tn
825	603633.356	9758271.128	29.746	tn
826	603632.277	9758268.747	29.404	tn
827	603632.457	9758267.032	30.123	tn
828	603637.012	9758269.253	29.406	tn
829	603637.124	9758267.708	29.953	tn
830	603623.923	9758262.407	30.443	tn
831	603623.283	9758263.694	29.742	tn
832	603622.722	9758265.834	30.272	tn
833	603621.965	9758268.721	30.415	tn
834	603621.702	9758271.933	30.265	tn
835	603621.27	9758275.083	29.685	tn
836	603622.514	9758278.831	30.616	tn
837	603609.923	9758280.27	30.468	tn

838	603609.005	9758277.764	29.071	tn
839	603608.972	9758276.648	29.201	tn
840	603608.674	9758275.984	29.539	tn
841	603608.532	9758273.766	30.438	tn
842	603608.068	9758270.629	30.761	tn
843	603607.47	9758267.732	30.75	tn
844	603607.54	9758263.617	30.579	tn
845	603606.628	9758260.365	29.813	tn
846	603605.783	9758256.988	30.9	tn
847	603596.282	9758262.243	30.656	tn
848	603597.401	9758266.37	29.765	tn
849	603598.457	9758268.84	30.998	tn
850	603588.846	9758263.43	30.69	tn
851	603591.187	9758261.541	29.968	tn
852	603594.056	9758259.061	30.901	tn
853	603590.884	9758253.077	31.117	tn
854	603587.534	9758255.769	29.969	tn
855	603585.609	9758257.836	30.761	tn
856	603578.105	9758247.649	31.059	tn
857	603580.086	9758246.939	29.839	tn
858	603583.965	9758245.212	31.069	tn
859	603587.156	9758242.923	31.172	tn
860	603585.317	9758241.001	30.089	tn
861	603582.642	9758238.106	31.108	tn
862	603582.585	9758235.504	30.016	tn
863	603586.99	9758234.075	31.233	tn
864	603593.861	9758272.899	31.246	tn
865	603595.081	9758276.721	30.925	tn
866	603597.308	9758280.148	29.264	tn
867	603599.891	9758283.259	30.471	tn
868	603592.468	9758296.606	30.773	tn
869	603589.478	9758295.901	29.624	tn
870	603586.571	9758295.206	30.646	tn
871	603581.545	9758301.522	30.76	tn
872	603584.08	9758304.887	29.783	tn
873	603585.324	9758307.221	30.812	tn
874	603546.061	9758282.614	30.709	tn
875	603543.568	9758285.846	31.039	tn
876	603545.843	9758288.715	30.941	tn
877	603549.221	9758286.891	30.393	tn
878	603551.451	9758285.667	31.119	tn
879	603557.466	9758304.433	31.043	tn
880	603559.996	9758302.904	30	tn
881	603562.227	9758301.583	30.893	tn

882	603569.895	9758310.666	30.699	tn
883	603570.79	9758314.69	29.961	tn
884	603571.999	9758316.654	31.078	tn
885	603576.707	9758310.763	30.945	tn
886	603573.469	9758307.742	29.858	tn
887	603571.113	9758306.358	30.815	tn
888	603548.928	9758394.124	31.637	tn
889	603550.77	9758391.544	32.212	tn
890	603553.277	9758388.417	32.518	tn
891	603553.254	9758388.432	32.518	tn
892	603556.48	9758385.092	32.596	tn
893	603559.513	9758381.31	32.505	tn
894	603559.501	9758381.301	32.493	tn
895	603562.462	9758378.402	32.432	tn
896	603565.148	9758375.271	32.31	tn
897	603570.567	9758369.146	32.225	tn
898	603573.968	9758365.181	32.162	tn
899	603577.256	9758361.3	32.141	tn
900	603580.273	9758357.65	31.973	tn
901	603583.05	9758354.133	31.878	tn
902	603586.8	9758349.842	31.772	tn
903	603589.805	9758345.794	31.692	tn
904	603593.483	9758341.618	31.646	tn
905	603596.641	9758338.135	31.635	tn
906	603599.809	9758334.881	31.62	tn
907	603602.887	9758331.6	31.553	tn
908	603541.215	9758293.211	31.186	tn
909	603544.948	9758295.414	31.241	tn
910	603548.974	9758297.844	31.159	tn
911	603553.008	9758300.262	31.074	tn
912	603557	9758302.848	30.949	tn
913	603560.27	9758305.063	30.365	tn
914	603563.868	9758306.921	30.468	tn
915	603567.053	9758308.883	30.801	tn
916	603570.869	9758310.57	30.685	tn
917	603575.194	9758312.708	30.92	tn
918	603579.192	9758315.63	31.085	tn
919	603584.091	9758318.269	31.054	tn
920	603588.408	9758321.18	31.301	tn
921	603592.576	9758323.219	31.696	tn
922	603596.501	9758325.641	31.544	tn
923	603599.677	9758328.079	31.732	tn
924	603602.063	9758329.576	31.639	tn
925	603644.115	9758355.372	31.521	tn

926	603640.451	9758352.39	31.55	tn
927	603634.128	9758349.036	31.553	tn
928	603628.018	9758344.859	31.509	tn
929	603621.903	9758341.687	31.538	tn
930	603616.326	9758338.392	31.592	tn
931	603610.74	9758334.837	31.583	tn
932	603605.801	9758331.642	31.591	tn
933	603604.364	9758329.329	31.461	tn
934	603607.177	9758325.764	31.419	tn
935	603609.729	9758322.529	31.355	tn
936	603612.9	9758318.678	31.301	tn
937	603615.65	9758315.354	31.261	tn
938	603617.713	9758311.781	31.166	tn
939	603619.99	9758308.729	31.141	tn
940	603622.014	9758305.974	31.088	tn
941	603642.3	9758277.561	30.092	tn
942	603639.956	9758281.278	30.429	tn
943	603637.241	9758284.575	30.257	tn
944	603634.621	9758288.265	30.373	tn
945	603632.225	9758291.22	30.599	tn
946	603629.746	9758294.444	30.796	tn
947	603627.439	9758297.849	31.041	tn
948	603625.606	9758301.256	31.057	tn
949	603623.467	9758303.255	31.134	tn
950	603573.398	9758261.849	31.228	tn
951	603579.84	9758265.29	31.124	tn
952	603583.389	9758268.268	31.287	tn
953	603586.833	9758271.643	31.265	tn
954	603590.297	9758274.76	31.131	tn
955	603593.43	9758277.611	30.88	tn
956	603595.312	9758279.181	30.445	tn
957	603598.762	9758282.698	30.32	tn
958	603601.03	9758286.287	30.638	tn
959	603603.904	9758288.965	30.784	tn
960	603607.186	9758291.728	31.118	tn
961	603611.003	9758294.716	31.222	tn
962	603614.667	9758297.726	31.427	tn
963	603618.039	9758300.542	31.178	tn
964	603620.885	9758303.042	31.166	tn
965	603664.494	9758329.718	30.692	tn
966	603658.095	9758325.856	30.833	tn
967	603653.57	9758322.805	30.88	tn
968	603647.458	9758319.051	30.964	tn
969	603641.669	9758316.03	30.909	tn

970	603636.687	9758313.267	30.93	tn
971	603631.006	9758310.158	31.042	tn
972	603627.143	9758307.853	31.107	tn
973	603624.943	9758306.638	31.074	tn
974	603531.976	9758304.938	31.969	tn
975	603535.763	9758308.409	32.13	tn
976	603539.265	9758311.637	32.071	tn
977	603542.981	9758315.001	32.014	tn
978	603546.331	9758318.184	31.95	tn
979	603549.445	9758320.921	31.859	tn
980	603552.776	9758324.124	31.92	tn
981	603556.188	9758327.205	31.816	tn
982	603559.737	9758330.294	31.918	tn
983	603563.004	9758333.365	31.961	tn
984	603566.621	9758336.397	31.94	tn
985	603569.769	9758339.378	31.929	tn
986	603573.197	9758342.73	31.937	tn
987	603575.692	9758345.457	31.957	tn
988	603579.221	9758348.348	31.809	tn
989	603581.943	9758350.949	31.914	tn
990	603621.769	9758387.012	32.313	tn
991	603618.433	9758384.136	32.276	tn
992	603614.598	9758380.573	32.2	tn
993	603610.877	9758377.166	32.258	tn
994	603607.256	9758373.839	32.286	tn
995	603603.96	9758370.571	32.313	tn
996	603600.434	9758367.357	32.218	tn
997	603596.994	9758364.182	32.158	tn
998	603593.807	9758361.537	32.043	tn
999	603591.181	9758359.07	31.947	tn
1000	603588.767	9758357.141	31.973	tn
1001	603585.85	9758354.556	31.968	tn
1002	603615.98	9758398.653	32.361	tn
1003	603613.077	9758396.91	32.323	tn
1004	603609.348	9758395.142	32.118	tn
1005	603605.362	9758392.928	32.169	tn
1006	603601.19	9758390.654	32.201	tn
1007	603597.754	9758388.763	32.237	tn
1008	603593.456	9758386.395	32.181	tn
1009	603589.241	9758383.991	32.023	tn
1010	603585.968	9758382.227	32.167	tn
1011	603582.37	9758380.142	32.604	tn
1012	603578.079	9758377.95	32.648	tn
1013	603568.834	9758372.929	32.354	tn

1014	603506.541	9758340.13	32.843	tn
1015	603512.274	9758343.223	32.74	tn
1016	603517.816	9758346.093	32.612	tn
1017	603523.818	9758349.271	32.514	tn
1018	603529.781	9758351.969	32.493	tn
1019	603535.522	9758354.798	32.434	tn
1020	603542.144	9758358.099	32.407	tn
1021	603548.248	9758361.429	32.5	tn
1022	603553.684	9758364.54	32.461	tn
1023	603558.859	9758367.301	32.43	tn
1024	603564.386	9758370.227	32.278	tn
1025	603566.752	9758371.748	32.241	tn
1026	603543.17	9758402.964	31.772	tn
1027	603544.633	9758401.725	31.402	tn
1028	603545.843	9758400.117	30.811	tn
1029	603546.355	9758399.141	30.787	tn
1030	603547.046	9758398.036	30.903	tn
1031	603547.761	9758396.755	31.384	tn
1032	603549.957	9758392.856	31.949	tn
1033	603551.233	9758406.448	31.772	tn
1034	603552.085	9758404.06	31.423	tn
1035	603552.565	9758402.809	30.968	tn
1036	603553.023	9758401.65	30.766	tn
1037	603553.458	9758400.315	30.836	tn
1038	603553.75	9758399.167	31.611	tn
1039	603554.569	9758397.118	32.604	tn
1040	603562.549	9758403.614	32.124	tn
1041	603561.816	9758405.025	31.47	tn
1042	603560.478	9758406.927	30.957	tn
1043	603559.837	9758408.154	31.141	tn
1044	603559.676	9758409.845	31.558	tn
1045	603403.183	9758545.936	35.563	tn
1046	603405.702	9758548.929	36.064	tn
1047	603408.875	9758552.685	36.409	tn
1048	603411.365	9758555.337	36.841	tn
1049	603413.541	9758557.704	36.999	tn
1050	603416.26	9758561.042	37.683	tn
1051	603418.893	9758563.835	38.5	tn
1052	603422.059	9758567.902	39.236	tn
1053	603425.169	9758571.129	39.718	tn
1054	603428.007	9758574.581	40.368	tn
1055	603430.908	9758578.018	41.218	tn
1056	603434.276	9758581.475	42.156	tn
1057	603437.492	9758585.186	42.924	tn

1058	603441.158	9758589.254	43.683	tn
1059	603444.558	9758593.208	44.345	tn
1060	603447.607	9758596.76	44.983	tn
1061	603457.595	9758605.076	46.28	tn
1062	603454.617	9758602.448	45.986	tn
1063	603451.451	9758599.777	45.609	tn
1064	603449.446	9758598.421	45.278	tn
1065	603401.283	9758571.23	37.709	tn
1066	603405.298	9758573.479	38.324	tn
1067	603409.826	9758576.387	38.896	tn
1068	603415.929	9758582.393	40.433	tn
1069	603415.971	9758582.449	40.135	tn
1070	603419.058	9758586.234	40.865	tn
1071	603422.768	9758588.646	41.606	tn
1072	603426.522	9758591.713	42.379	tn
1073	603429.528	9758595.023	42.975	tn
1074	603432.743	9758598.298	43.653	tn
1075	603436.335	9758601.323	44.285	tn
1076	603440.124	9758604.329	44.898	tn
1077	603443.137	9758607.192	45.438	tn
1078	603447.263	9758610.223	46.099	tn
1079	603450.013	9758612.382	46.504	tn
1080	603475.184	9758582.945	45.062	tn
1081	603471.115	9758580.199	44.979	tn
1082	603467.642	9758576.751	44.796	tn
1083	603463.391	9758573.569	44.53	tn
1084	603458.943	9758570.008	44.019	tn
1085	603453.608	9758566.659	43.333	tn
1086	603448.897	9758564.267	42.599	tn
1087	603445.727	9758562.017	41.958	tn
1088	603474.187	9758550.947	43.352	tn
1089	603477.116	9758553.671	43.258	tn
1090	603480.584	9758556.68	43.36	tn
1091	603484.438	9758559.526	43.588	tn
1092	603489.081	9758563.764	43.785	tn
1093	603396.187	9758566.965	37.086	tn
1094	603379.202	9758553.669	36.554	tn
1095	603377.235	9758554.036	36.219	tn
1096	603397.251	9758539.719	35.384	tn
1097	603392.325	9758534.891	35.251	tn
1098	603386.87	9758528.843	35.25	tn
1099	603381.312	9758523.728	35.382	tn
1100	603376.456	9758518.756	35.758	tn
1101	603371.5	9758513.996	35.721	tn

1102	603370.042	9758512.599	34.732	tn
1103	603442.476	9758525.84	38.908	tn
1104	603428.19	9758541.983	35.68	tn
1105	603439.928	9758528.566	38.442	tn
1106	603424.96	9758545.349	35.934	tn
1107	603437.318	9758532.332	37.614	tn
1108	603421.652	9758548.548	36.327	tn
1109	603434.386	9758535.328	36.53	tn
1110	603418.186	9758552.72	36.744	tn
1111	603431.789	9758538.118	35.872	tn
1112	603415.289	9758556.728	36.989	tn
1113	603428.672	9758541.374	35.716	tn
1114	603411.016	9758562.297	37.491	tn
1115	603406.682	9758566.517	37.692	tn
1116	603389.833	9758514.698	35.362	tn
1117	603386.474	9758511.682	35.404	tn
1118	603393.55	9758517.995	34.831	tn
1119	603397.158	9758521.254	34.941	tn
1120	603400.959	9758524.577	34.844	tn
1121	603405.587	9758529.018	34.966	tn
1122	603409.851	9758532.931	35.071	tn
1123	603414.139	9758536.731	35.407	tn
1124	603418.115	9758540.082	35.324	tn
1125	603421.613	9758543.065	35.702	tn
1126	603442.785	9758558.838	41.417	tn
1127	603438.866	9758556.226	40.825	tn
1128	603435.303	9758553.57	40.082	tn
1129	603432.816	9758551.591	39.444	tn
1130	603430.623	9758549.932	38.746	tn
1131	603428.514	9758548.362	37.912	tn
1132	603426.958	9758547.045	37.005	tn
1133	603417.823	9758509.897	34.843	tn
1134	603420.389	9758511.695	34.798	tn
1135	603421.716	9758512.587	34.982	tn
1136	603423.751	9758513.609	35.646	tn
1137	603427.745	9758516.476	36.327	tn
1138	603431.991	9758518.915	37.014	tn
1139	603435.33	9758520.903	37.718	tn
1140	603438.116	9758523.018	38.74	tn
1141	603440.281	9758524.426	38.667	tn
1142	603470.232	9758547.555	43.131	tn
1143	603466.683	9758544.607	42.844	tn
1144	603462.25	9758541.499	42.36	tn
1145	603458.72	9758538.336	41.932	tn

1146	603454.72	9758535.327	41.172	tn
1147	603450.869	9758532.507	40.644	tn
1148	603447.163	9758529.279	40.106	tn
1149	603444.434	9758527.078	39.531	tn
1150	603458.289	9758506.653	39.214	tn
1151	603455.428	9758509.74	39.402	tn
1152	603453.391	9758513.142	39.657	tn
1153	603450.479	9758516.571	39.677	tn
1154	603447.547	9758519.693	39.412	tn
1155	603445.117	9758522.585	39.209	tn
1156	603443.397	9758524.842	39.085	tn
1157	603412.461	9758506.311	34.561	tn
1158	603414.376	9758507.528	34.498	tn
1159	603386.899	9758490.336	34.996	tn
1160	603391.554	9758493.148	34.878	tn
1161	603395.983	9758496.194	34.857	tn
1162	603400.248	9758498.808	34.828	tn
1163	603404.567	9758501.121	34.776	tn
1164	603407.582	9758503.053	34.747	tn
1165	603410.562	9758505.27	34.647	tn
1166	603492.411	9758555.647	42.952	tn
1167	603487.127	9758550.854	42.857	tn
1168	603481.752	9758545.716	42.656	tn
1169	603476.573	9758540.922	42.616	tn
1170	603470.374	9758535.004	42.326	tn
1171	603464.674	9758529.635	41.848	tn
1172	603461.06	9758525.923	41.363	tn
1173	603457.667	9758522.703	40.651	tn
1174	603455.036	9758519.798	40.287	tn
1175	603452.549	9758517.223	39.989	tn
1176	603427.512	9758492.431	34.161	tn
1177	603429.51	9758494.255	35.118	tn
1178	603431.985	9758496.719	35.696	tn
1179	603434.537	9758499.023	36.477	tn
1180	603437.374	9758502.133	37.322	tn
1181	603440.069	9758504.844	38.015	tn
1182	603443.324	9758507.863	38.443	tn
1183	603446.249	9758510.596	38.965	tn
1184	603447.973	9758512.431	39.256	tn
1185	603450.241	9758514.892	39.485	tn
1186	603483.929	9758523.209	41.42	tn
1187	603418.287	9758482.127	32.62	tn
1188	603416.511	9758479.963	33.237	tn
1189	603414.233	9758477.248	33.679	tn

1190	603412.821	9758475.468	33.965	tn
1191	603410.984	9758473.162	34.172	tn
1192	603409.146	9758470.94	34.126	tn
1193	603407.135	9758468.257	34.482	tn
1194	603405.608	9758466.319	34.885	tn
1195	603421.948	9758486.08	34.795	tn
1196	603424.082	9758488.601	34.423	tn
1197	603470.429	9758490.398	35.44	tn
1198	603468.46	9758493.202	36.125	tn
1199	603465.764	9758497.201	37.145	tn
1200	603463.308	9758501.163	38.11	tn
1201	603458.464	9758506.912	39.284	tn
1202	603454.669	9758511.67	39.505	tn
1203	603466.419	9758492.8	36.066	tn
1204	603465.28	9758489.964	35.36	tn
1205	603463.335	9758486.578	34.494	tn
1206	603460.998	9758482.055	34.097	tn
1207	603459.396	9758477.895	33.461	tn
1208	603458.95	9758476.893	32.784	tn
1209	603458.532	9758475.165	32.642	tn
1210	603457.29	9758472.799	32.773	tn
1211	603456.676	9758471.093	32.814	tn
1212	603481.898	9758472.672	33.972	tn
1213	603479.538	9758475.901	34.025	tn
1214	603476.975	9758479.659	33.923	tn
1215	603476.024	9758480.832	34.016	tn
1216	603474.299	9758483.657	34.317	tn
1217	603506.883	9758520.105	40.528	tn
1218	603500.693	9758516.207	40.374	tn
1219	603494.809	9758512.496	40.081	tn
1220	603489.332	9758508.91	39.624	tn
1221	603484.682	9758505.344	39.179	tn
1222	603480.188	9758502.37	38.529	tn
1223	603476.051	9758499.632	38.013	tn
1224	603472.044	9758497.073	37.617	tn
1225	603469.037	9758495.727	37.104	tn
1226	603498.235	9758451.831	33.479	tn
1227	603496.069	9758455.229	33.718	tn
1228	603493.228	9758458.933	33.661	tn
1229	603490.406	9758462.763	33.711	tn
1230	603488.069	9758465.783	33.777	tn
1231	603485.761	9758468.54	33.868	tn
1232	603437.554	9758422.439	33.689	tn
1233	603440.517	9758425.697	34.133	tn

1234	603445.214	9758430.662	34.136	tn
1235	603449.438	9758435.216	33.899	tn
1236	603454.602	9758441.119	33.871	tn
1237	603460.183	9758447.063	33.931	tn
1238	603465.339	9758452.199	34.086	tn
1239	603470.935	9758457.819	33.925	tn
1240	603473.365	9758460.654	33.69	tn
1241	603474.814	9758462.101	33.075	tn
1242	603475.894	9758463.591	33.077	tn
1243	603476.767	9758464.782	32.931	tn
1244	603477.659	9758465.831	32.709	tn
1245	603478.402	9758466.937	32.302	tn
1246	603478.92	9758467.469	32.097	tn
1247	603525.369	9758516.994	39.469	tn
1248	603522.359	9758513.689	39.47	tn
1249	603519.514	9758510.63	39.188	tn
1250	603517.204	9758508.224	38.735	tn
1251	603515.004	9758506.064	37.867	tn
1252	603511.691	9758502.648	37.625	tn
1253	603508.902	9758499.475	36.914	tn
1254	603507.032	9758497.269	36	tn
1255	603503.809	9758493.852	35.322	tn
1256	603500.748	9758490.889	34.434	tn
1257	603497.877	9758488.011	33.98	tn
1258	603494.62	9758484.941	33.57	tn
1259	603491.395	9758481.611	33.437	tn
1260	603488.722	9758478.466	33.707	tn
1261	603486.349	9758475.832	33.972	tn
1262	603484.126	9758473.194	33.943	tn
1263	603482.319	9758470.898	33.991	tn
1264	603480.947	9758469.639	33.166	tn
1265	603479.831	9758468.505	32.269	tn
1266	603453.891	9758466.571	34.059	tn
1267	603452.861	9758462.397	34.308	tn
1268	603450.088	9758455.833	34.24	tn
1269	603446.851	9758449.33	34.044	tn
1270	603442.206	9758442.734	34.061	tn
1271	603438.384	9758437.623	34.177	tn
1272	603434.291	9758432.449	34.212	tn
1273	603431.769	9758430.19	34.086	tn
1274	603431.238	9758429.244	33.927	tn
1275	603486.319	9758436.027	33.234	tn
1276	603483.261	9758433.265	33.394	tn
1277	603478.276	9758429.18	33.238	tn

1278	603472.439	9758425.165	33.557	tn
1279	603486.419	9758402.317	33.333	tn
1280	603468.055	9758419.61	33.409	tn
1281	603480.07	9758398.905	33.358	tn
1282	603462.966	9758414.762	33.791	tn
1283	603474.776	9758395.805	33.586	tn
1284	603457.474	9758410.778	33.834	tn
1285	603453.45	9758406.019	33.603	tn
1286	603450.986	9758403.278	33.189	tn
1287	603465.506	9758385.273	32.722	tn
1288	603496.259	9758384.462	33.177	tn
1289	603490.984	9758381.203	33.227	tn
1290	603485.461	9758376.291	33.289	tn
1291	603486.8	9758436.369	33.207	tn
1292	603490.205	9758440.43	33.139	tn
1293	603492.616	9758443.29	32.871	tn
1294	603494.116	9758444.868	32.627	tn
1295	603495.166	9758445.946	32.385	tn
1296	603495.562	9758446.341	32.085	tn
1297	603495.97	9758446.772	31.943	tn
1298	603496.731	9758447.611	32.065	tn
1299	603497.557	9758448.453	31.968	tn
1300	603498.114	9758448.848	32.361	tn
1301	603498.293	9758449.011	32.816	tn
1302	603522.879	9758475.863	33.527	tn
1303	603522.859	9758475.878	33.527	tn
1304	603518.969	9758471.454	33.415	tn
1305	603515.115	9758467.626	33.62	tn
1306	603555.982	9758476.41	35.874	tn
1307	603553.288	9758473.493	35.615	tn
1308	603549.705	9758469.313	34.892	tn
1309	603547.452	9758466.417	34.23	tn
1310	603545.2	9758464.431	33.411	tn
1311	603540.178	9758460.207	33.699	tn
1312	603534.342	9758454.656	33.368	tn
1313	603529.677	9758449.467	33.345	tn
1314	603524.365	9758444.155	33.346	tn
1315	603519.152	9758438.565	33.366	tn
1316	603516.306	9758435.532	33.33	tn
1317	603487.579	9758405.125	31.21	tn
1318	603488.142	9758405.939	31.271	tn
1319	603489.236	9758407	31.702	tn
1320	603490.543	9758408.433	31.941	tn
1321	603493.705	9758411.609	32.868	tn

1322	603496.162	9758414.709	33.203	tn
1323	603498.936	9758417.678	33.176	tn
1324	603502.094	9758420.884	33.248	tn
1325	603505.635	9758423.929	33.115	tn
1326	603508.599	9758427.714	33.312	tn
1327	603511.3	9758430.695	33.355	tn
1328	603513.28	9758432.743	33.331	tn
1329	603477.991	9758370.603	33.216	tn
1330	603481.281	9758373.306	33.251	tn
1331	603494.368	9758384.056	33.101	tn
1332	603497.852	9758386.829	33.117	tn
1333	603501.777	9758390.243	33.081	tn
1334	603504.462	9758392.392	32.428	tn
1335	603506.249	9758393.792	32.192	tn
1336	603506.744	9758394.28	31.148	tn
1337	603509.222	9758396.857	30.958	tn
1338	603509.791	9758397.296	32.055	tn
1339	603511.811	9758398.987	32.017	tn
1340	603513.841	9758400.504	31.887	tn
1341	603516.06	9758402.216	32.826	tn
1342	603520.109	9758405.184	32.648	tn
1343	603523.375	9758408.159	32.299	tn
1344	603526.67	9758410.638	32.131	tn
1345	603528.562	9758412.207	31.792	tn
1346	603573.618	9758454.77	33.83	tn
1347	603571.295	9758452.03	34.256	tn
1348	603567.905	9758448.909	34.499	tn
1349	603564.398	9758445.665	34.385	tn
1350	603561.091	9758442.162	34.214	tn
1351	603557.567	9758438.961	33.883	tn
1352	603554.689	9758435.952	34.203	tn
1353	603551.705	9758433.256	33.998	tn
1354	603548.678	9758430.508	33.11	tn
1355	603545.707	9758427.593	33.036	tn
1356	603542.765	9758425.322	32.961	tn
1357	603539.723	9758422.512	32.445	tn
1358	603536.65	9758419.697	32.326	tn
1359	603533.998	9758416.841	31.741	tn
1360	603531.882	9758415.134	31.682	tn
1361	603526.493	9758412.179	31.423	tn
1362	603565.679	9758410.638	30.628	tn
1363	603569.253	9758409.263	31.781	tn
1364	603572.542	9758424.96	32.336	tn
1365	603570.951	9758426.161	31.471	tn

1366	603569.147	9758427.097	30.519	tn
1367	603568.062	9758427.6	31.057	tn
1368	603565.928	9758429.311	31.333	tn
1369	603573.429	9758440.947	32.583	tn
1370	603574.257	9758439.128	31.02	tn
1371	603574.278	9758437.102	30.376	tn
1372	603574.252	9758437.607	30.164	tn
1373	603574.428	9758436.577	30.653	tn
1374	603575.341	9758434.95	31.311	tn
1375	603575.894	9758433.873	31.327	tn
1376	603363.103	9758541.019	35.528	tn
1377	603357.873	9758536.514	35.597	tn
1378	603353.289	9758532.564	35.736	tn
1379	603540.372	9758404.426	32.07	tn
1380	603536.81	9758408.498	32.086	tn
1381	603532.369	9758413.281	31.88	tn
1382	603527.672	9758418.764	32.068	tn
1383	603522.555	9758423.801	33.063	tn
1384	603519.91	9758427.436	33.128	tn
1385	603515.382	9758432.717	33.303	tn
1386	603511.81	9758437.31	33.455	tn
1387	603507.446	9758441.004	33.712	tn
1388	603503.562	9758444.825	33.596	tn
1389	603501.102	9758447.668	33.551	tn
1390	603499.316	9758450.36	33.585	tn
1391	603501.011	9758452.042	33.584	tn
1392	603504.273	9758455.329	33.43	tn
1393	603506.29	9758457.712	33.503	tn
1394	603508.769	9758460.92	33.659	tn
1395	603510.412	9758462.602	33.65	tn
1396	603512.641	9758465.109	33.87	tn
1397	603530.056	9758483.967	33.854	tn
1398	603540.648	9758492.237	35.16	tn
1399	603541.871	9758493.347	35.97	tn
1400	603556.124	9758476.344	35.976	tn
1401	603553.179	9758473.146	35.754	tn
1402	603549.794	9758469.539	35.053	tn
1403	603393.724	9758559.744	36.764	tn
1404	603833.244	9758029.774	43.685	tn
1405	603826.772	9758024.807	44.267	tn
1406	603819.542	9758019.58	44.475	tn
1407	603809.138	9758012.846	44.616	tn
1408	603798.299	9758005.054	44.017	tn
1409	603792.006	9758000.754	43.424	tn

1410	603785.096	9757995.627	42.731	tn
1411	603779.122	9757990.906	42.322	tn
1412	603773.179	9757987.661	41.89	tn
1413	603755.879	9758011.882	40.553	tn
1414	603768.373	9758018.141	41.072	tn
1415	603777.444	9758021.713	41.621	tn
1416	603784.487	9758025.793	41.532	tn
1417	603792.141	9758028.62	42.505	tn
1418	603801.866	9758036.633	42.994	tn
1419	603808.912	9758043.046	43.116	tn
1420	603816.879	9758052.294	42.444	tn
1421	603807.592	9758071.783	41.089	tn
1422	603813.668	9758076.538	40.859	tn
1423	603819.067	9758081.139	40.901	tn
1424	603824.662	9758085.523	40.513	tn
1425	603830.61	9758090.76	39.153	tn
1426	603838.165	9758097.781	37.964	tn
1427	603844.011	9758103.089	37.29	tn
1428	603824.877	9758127.184	35.925	tn
1429	603820.167	9758122.682	36.574	tn
1430	603815.32	9758117.777	36.935	tn
1431	603809.963	9758113.172	37.474	tn
1432	603803.889	9758106.589	38.069	tn
1433	603797.819	9758101.042	38.589	tn
1434	603794.09	9758097.585	38.942	tn
1435	603790.255	9758094.165	39.287	tn
1436	603786.541	9758090.392	39.376	tn
1437	603779.473	9758084.01	39.48	tn
1438	603772.864	9758077.48	39.318	tn
1439	603767.764	9758072.248	39.084	tn
1440	603762.278	9758066.616	38.682	tn
1441	603757.14	9758062.033	38.355	tn
1442	603751.06	9758056.475	38.12	tn
1443	603743.843	9758049.282	36.997	tn
1444	603739.436	9758045.146	37.94	tn
1445	603734.353	9758040.076	38.685	tn
1446	603746.878	9758025.734	38.239	tn
1447	603753.932	9758031.169	39.21	tn
1448	603770.644	9758043.288	40.246	tn
1449	603776.051	9758048.773	40.557	tn
1450	603783.535	9758053.662	41.158	tn
1451	603788.673	9758056.833	41.389	tn
1452	603796.381	9758063.224	41.641	tn
1453	603803.432	9758069.046	41.115	tn

1454	603773.674	9758115.898	37.43	tn
1455	603778.09	9758120.208	37.032	tn
1456	603782.834	9758124.479	36.678	tn
1457	603788.855	9758129.07	36.191	tn
1458	603794.113	9758133.448	35.853	tn
1459	603800.135	9758138.449	35.503	tn
1460	603804.91	9758142.358	35.079	tn
1461	603809.483	9758147.06	34.763	tn
1462	603791.844	9758169.966	33.279	tn
1463	603786.468	9758165.055	33.589	tn
1464	603772.42	9758152.54	34.555	tn
1465	603765.332	9758146.22	35.114	tn
1466	603760.325	9758141.823	35.266	tn
1467	603757.412	9758139.068	35.345	tn
1468	603754.086	9758135.546	35.373	tn
1469	603749.196	9758131.234	35.161	tn
1470	603742.962	9758125.257	35.393	tn
1471	603736.586	9758119.634	35.164	tn
1472	603731.289	9758114.58	34.916	tn
1473	603724.584	9758109.042	34.108	tn
1474	603717.184	9758103.346	35.215	tn
1475	603710.255	9758097.471	35.79	tn
1476	603701.896	9758089.688	36.407	tn
1477	603701.905	9758089.717	36.417	tn
1478	603716.674	9758069.779	36.92	tn
1479	603721.725	9758074.355	36.607	tn
1480	603730.112	9758081.494	36.177	tn
1481	603735.342	9758086.05	34.9	tn
1482	603741.998	9758089.708	35.884	tn
1483	603747.728	9758094.237	36.723	tn
1484	603753.69	9758098.832	37.08	tn
1485	603759.665	9758103.784	37.552	tn
1486	603766.279	9758108.707	37.629	tn
1487	603770.762	9758112.689	37.574	tn
1488	603739.541	9758161.655	33.157	tn
1489	603744.405	9758165.338	33.133	tn
1490	603749.357	9758169.52	32.895	tn
1491	603755.403	9758174.519	32.672	tn
1492	603760.237	9758178.722	32.413	tn
1493	603765.174	9758183.151	32.228	tn
1494	603774.938	9758191.148	31.815	tn
1495	603759.129	9758214.969	30.327	tn
1496	603757.709	9758213.881	30.25	tn
1497	603752.946	9758209.613	30.266	tn

1498	603746.459	9758203.958	30.631	tn
1499	603741.104	9758199.593	31.007	tn
1500	603734.043	9758193.94	31.355	tn
1501	603729.62	9758190.31	31.539	tn
1502	603726.035	9758187.066	31.733	tn
1503	603722.756	9758183.857	31.864	tn
1504	603718.679	9758180.479	31.906	tn
1505	603713.748	9758176.168	31.85	tn
1506	603707.998	9758171.773	32.328	tn
1507	603701.588	9758165.409	32.553	tn
1508	603694.978	9758160.578	32.764	tn
1509	603689.384	9758155.948	33.055	tn
1510	603683.22	9758150.444	33.61	tn
1511	603678.158	9758145.855	34.062	tn
1512	603670.691	9758140.685	34.645	tn
1513	603664.268	9758135.686	35.231	tn
1514	603680.261	9758117.336	35.684	tn
1515	603688.106	9758122.593	34.858	tn
1516	603694.01	9758127.854	34.41	tn
1517	603698.697	9758131.302	34.187	tn
1518	603705.686	9758136.533	33.817	tn
1519	603710.794	9758140.681	33.584	tn
1520	603716.533	9758145.264	33.262	tn
1521	603723.348	9758150.427	33.049	tn
1522	603728.789	9758156.46	32.861	tn
1523	603733.323	9758160.792	32.815	tn
1524	603701.73	9758204.43	31.089	tn
1525	603706.051	9758208.305	31.097	tn
1526	603710.846	9758213.108	31.043	tn
1527	603715.089	9758216.84	30.856	tn
1528	603721.52	9758222.347	30.625	tn
1529	603726.686	9758227.277	30.495	tn
1530	603731.808	9758232.009	30.214	tn
1531	603735.543	9758235.731	30.029	tn
1532	603739.44	9758239.437	29.825	tn
1533	603697.154	9758200.027	31.25	tn
1534	603692.152	9758194.968	31.326	tn
1535	603686.942	9758189.759	31.448	tn
1536	603682.226	9758183.702	31.685	tn
1537	603677.827	9758177.856	31.899	tn
1538	603672.376	9758170.839	32.202	tn
1539	603668.023	9758165.06	32.721	tn
1540	603659.806	9758156.688	33.649	tn
1541	603653.862	9758151.186	34.476	tn

1542	603650.252	9758147.412	35.457	tn
1543	603891.032	9758010.302	43.899	tn
1544	603812.857	9758048.098	42.642	tn
1545	603763.494	9758037.874	39.902	tn
1546	603780.148	9758159.061	33.954	tn
1547	603955.199	9757868.512	37.269	tn
1548	603960.005	9757872.549	37.995	tn
1549	603965.439	9757877.274	38.234	tn
1550	603972.776	9757883.94	38.931	tn
1551	603979.249	9757889.598	39.292	tn
1552	603987.247	9757896.097	39.254	tn
1553	603993.733	9757901.464	38.436	tn
1554	603978.884	9757928.488	39.972	tn
1555	603971.222	9757921.96	40.227	tn
1556	603966.439	9757917.855	40.81	tn
1557	603959.568	9757911.27	41.616	tn
1558	603952.079	9757905.415	42.278	tn
1559	603944.584	9757899.2	42.281	tn
1560	603937.57	9757892.775	42.046	tn
1561	603932.745	9757888.201	41.538	tn
1562	603926.699	9757881.366	41.775	tn
1563	603917.371	9757872.55	41.401	tn
1564	603910.699	9757865.806	41.235	tn
1565	603897.666	9757853.272	41.048	tn
1566	603905.828	9757861.14	41.102	tn
1567	603892.657	9757847.567	40.452	tn
1568	603886.661	9757841.404	39.258	tn
1569	603899.985	9757831.122	37.675	tn
1570	603904.305	9757834.26	38.34	tn
1571	603916.297	9757841.194	39.364	tn
1572	603932.722	9757851.678	37.973	tn
1573	603939.869	9757856.587	37.109	tn
1574	603945.666	9757861.399	37.295	tn
1575	603950.26	9757865.238	36.553	tn
1576	603926.379	9757909.159	44.391	tn
1577	603930.917	9757912.442	44.005	tn
1578	603938.145	9757917.992	43.267	tn
1579	603943.205	9757921.556	42.715	tn
1580	603949.816	9757925.847	42.151	tn
1581	603955.768	9757929.633	41.839	tn
1582	603961.697	9757933.859	41.351	tn
1583	603969.479	9757939.909	40.706	tn
1584	603949.759	9757965.615	41.826	tn
1585	603944.487	9757961.133	42.545	tn

1586	603938.723	9757955.342	42.366	tn
1587	603931.446	9757949.16	44.278	tn
1588	603924.243	9757943.615	44.654	tn
1589	603917.119	9757937.553	45.004	tn
1590	603911.699	9757933.095	45.27	tn
1591	603907.45	9757929.841	45.455	tn
1592	603901.757	9757925.265	45.776	tn
1593	603894.361	9757921.609	44.52	tn
1594	603888.012	9757917.029	45.672	tn
1595	603881.609	9757913.672	45.027	tn
1596	603873.701	9757910.026	43.892	tn
1597	603866.087	9757906.08	42.828	tn
1598	603859.426	9757902.345	41.947	tn
1599	603852.191	9757898.896	41.018	tn
1600	603845.491	9757896.616	40.125	tn
1601	603871.533	9757869.268	40.609	tn
1602	603875.867	9757872.074	41.304	tn
1603	603883.378	9757877.103	42.11	tn
1604	603890.771	9757883.031	42.977	tn
1605	603896.29	9757887.357	43.597	tn
1606	603901.987	9757891.11	43.928	tn
1607	603908.146	9757895.504	44.421	tn
1608	603912.871	9757899.733	44.76	tn
1609	603917.513	9757903.641	44.677	tn
1610	603920.302	9757905.527	44.432	tn
1611	603896.769	9757953.361	46.236	tn
1612	603903.342	9757957.495	46.356	tn
1613	603909.47	9757961.637	46.024	tn
1614	603915.628	9757966.171	45.622	tn
1615	603924.306	9757972.855	44.37	tn
1616	603931.134	9757979.922	43.402	tn
1617	603935.824	9757985.033	42.744	tn
1618	603918.755	9758005.758	42.64	tn
1619	603910.216	9757998.923	43.992	tn
1620	603903.873	9757992.559	45.95	tn
1621	603897.336	9757988.061	45.22	tn
1622	603891.093	9757981.993	45.861	tn
1623	603884.099	9757975.529	46.344	tn
1624	603877.265	9757970.386	46.601	tn
1625	603872.691	9757966.389	46.335	tn
1626	603867.576	9757960.435	46.313	tn
1627	603858.302	9757953.442	45.715	tn
1628	603846.632	9757943.245	44.039	tn
1629	603840.755	9757937.818	43.035	tn

1630	603834.655	9757931.16	41.98	tn
1631	603830.244	9757925.975	40.748	tn
1632	603825.453	9757920.37	39.762	tn
1633	603830.716	9757915.523	38.59	tn
1634	603837.472	9757920.153	39.576	tn
1635	603849.498	9757927.23	41.387	tn
1636	603856.209	9757930.869	42.363	tn
1637	603861.941	9757933.123	42.953	tn
1638	603871.96	9757937.783	44.527	tn
1639	603879.516	9757942.594	45.327	tn
1640	603886.294	9757946.685	45.85	tn
1641	603891.728	9757950.237	46.166	tn
1642	603867.248	9757993.629	44.925	tn
1643	603872.685	9757997.236	44.709	tn
1644	603879.191	9758001.977	44.245	tn
1645	603885.022	9758006.244	44.076	tn
1646	603891.122	9758010.356	43.905	tn
1647	603894.499	9758012.487	43.506	tn
1648	603905.89	9758022.481	42.304	tn
1649	603893.31	9758039.261	41.872	tn
1650	603885.869	9758033.84	42.347	tn
1651	603876.863	9758028.1	42.435	tn
1652	603870.56	9758022.609	42.799	tn
1653	603864.29	9758019.017	43.366	tn
1654	603858.116	9758015.819	43.714	tn
1655	603852.372	9758013.013	44.067	tn
1656	603846.781	9758009.969	44.503	tn
1657	603839.101	9758004.739	44.99	tn
1658	603831.27	9757999.875	45.566	tn
1659	603823.305	9757994.734	45.906	tn
1660	603815.289	9757990.613	45.593	tn
1661	603808.919	9757987.078	45.175	tn
1662	603803.091	9757983.826	44.533	tn
1663	603797.473	9757981.621	45.089	tn
1664	603790.632	9757976.756	43.059	tn
1665	603803.303	9757952.872	43.965	tn
1666	603808.849	9757956.081	44.817	tn
1667	603815.811	9757959.802	45.883	tn
1668	603822.812	9757963.816	46.57	tn
1669	603831.307	9757969.432	46.897	tn
1670	603839.627	9757974.329	46.901	tn
1671	603845.804	9757978.602	46.685	tn
1672	603852.659	9757983.146	45.752	tn
1673	603858.506	9757987.912	45.15	tn

1674	603838.692	9758033.584	43.469	tn
1675	603844.232	9758038.069	43.118	tn
1676	603850.421	9758042.963	42.622	tn
1677	603855.775	9758048.043	41.974	tn
1678	603861.733	9758053.644	41.727	tn
1679	603867.082	9758059.062	40.795	tn
1680	603873.225	9758063.643	39.205	tn
1681	603874.744	9758064.851	39.256	tn
1682	603856.452	9758087.088	38.555	tn
1683	603850.292	9758081.864	39.156	tn
1684	603842.009	9758074.637	40.416	tn
1685	603835.547	9758068.545	41.24	tn
1686	603829.933	9758063.092	41.81	tn
1687	603823.795	9758057.924	42.152	tn
1688	603820.834	9758055.611	42.304	tn
1689	604566.331	9757078.357	19.756	tn
1690	604566.909	9757075.896	19.344	tn
1691	604566.871	9757076.385	19.268	tn
1692	604566.861	9757077.016	19.334	tn
1693	604567.268	9757074.478	20.012	tn
1694	604555.347	9757078.264	21.318	tn
1695	604555.834	9757077.182	20.626	tn
1696	604555.89	9757076.842	20.097	tn
1697	604556.086	9757076.575	19.974	tn
1698	604556.297	9757075.678	20.215	tn
1699	604556.364	9757075.325	20.772	tn
1700	604556.626	9757074.582	21.307	tn
1701	604544.258	9757073.905	21.609	tn
1702	604544.534	9757073.116	21.188	tn
1703	604544.556	9757072.674	20.648	tn
1704	604544.652	9757072.096	20.47	tn
1705	604544.788	9757071.763	20.884	tn
1706	604544.953	9757071.325	21.301	tn
1707	604545.095	9757070.549	21.752	tn
1708	604519.86	9757068.654	22.182	tn
1709	604520.299	9757067.6	22.084	tn
1710	604520.341	9757067.055	21.62	tn
1711	604520.417	9757066.32	21.264	tn
1712	604520.685	9757065.436	21.059	tn
1713	604520.875	9757064.723	21.001	tn
1714	604521.081	9757064.268	21.351	tn
1715	604521.392	9757063.761	21.664	tn
1716	604522.009	9757062.26	22.19	tn
1717	604497.778	9757052.57	22.818	tn

1718	604497.689	9757053.234	22.316	tn
1719	604497.533	9757053.559	21.784	tn
1720	604496.906	9757054.559	21.546	tn
1721	604496.494	9757055.097	21.878	tn
1722	604495.902	9757056.18	22.445	tn
1723	604181.546	9757571.883	49.857	tn
1724	604151.754	9757612.29	40.012	tn
1725	604160.821	9757619.019	41.123	tn
1726	604168.223	9757625.294	41.608	tn
1727	604175.529	9757630.411	41.747	tn
1728	604121.883	9757652.44	34.018	tn
1729	604128.618	9757657.324	35.934	tn
1730	604138.209	9757663.324	37.721	tn
1731	604146.197	9757671.469	39.256	tn
1732	604154.484	9757675.877	38.06	tn
1733	604100.1	9757669.954	30.908	tn
1734	604096.43	9757666.645	30.007	tn
1735	604093.656	9757664.393	29.356	tn
1736	604086.051	9757659.563	30.074	tn
1737	604079.395	9757654.749	31.608	tn
1738	604070.46	9757647.998	34.677	tn
1739	604062.189	9757642.136	36.464	tn
1740	604053.699	9757636.247	37.993	tn
1741	604048.945	9757632.183	37.802	tn
1742	603926.255	9757787.586	29.575	tn
1743	603938.858	9757797.042	30.562	tn
1744	603945.599	9757802.06	30.93	tn
1745	603952.273	9757807.383	31.772	tn
1746	603959.027	9757812.676	31.716	tn
1747	603964.254	9757817.128	31.948	tn
1748	603971.106	9757822.069	31.302	tn
1749	603977.212	9757826.775	30.44	tn
1750	603985.508	9757832.037	31.288	tn
1751	603994.634	9757836.875	32.088	tn
1752	604001.479	9757841.007	32.54	tn
1753	604016.259	9757851.216	33.392	tn
1754	604022.163	9757855.404	34.045	tn
1755	604030.124	9757861.467	33.913	tn
1756	604043.858	9757841.27	30.388	tn
1757	604038.442	9757838.064	30.445	tn
1758	604031.969	9757833.635	30.356	tn
1759	604025.241	9757828.721	29.964	tn
1760	604019.311	9757824.352	29.86	tn
1761	604013.553	9757819.911	29.609	tn

1762	604007.809	9757815.804	29.503	tn
1763	604001.98	9757811.719	29.388	tn
1764	603995.097	9757807.197	28.558	tn
1765	603987.375	9757802.483	28.689	tn
1766	603981.258	9757798.438	28.714	tn
1767	603975.048	9757793.567	28.734	tn
1768	603966.826	9757787.241	28.685	tn
1769	603959.184	9757783.006	28.399	tn
1770	603951.672	9757777.843	28.18	tn
1771	603942.03	9757770.643	27.981	tn
1772	603909.377	9757817.229	34.93	tn
1773	603919.588	9757822.418	35.937	tn
1774	603928.752	9757827.523	36.402	tn
1775	603935.535	9757831.484	36.121	tn
1776	603942.775	9757835.344	35.803	tn
1777	603950.229	9757839.312	34.806	tn
1778	603958.139	9757843.768	34.137	tn
1779	603963.178	9757846.067	33.054	tn
1780	603970.424	9757850.512	33.816	tn
1781	603977.849	9757854.05	34.502	tn
1782	603983.991	9757858.078	35.041	tn
1783	603990.496	9757862.237	35.444	tn
1784	604000.128	9757868.788	36.197	tn
1785	604007.62	9757872.557	36.506	tn
1786	604012.58	9757876.334	36.692	tn
1787	604017.222	9757879.576	36.197	tn
1788	603997.17	9757904.663	37.838	tn
1789	603988.818	9757897.768	39.187	tn
1790	603976.069	9757886.959	39.294	tn
1791	603970.307	9757881.465	38.678	tn
1792	603963.762	9757875.715	38.074	tn
1793	603958.62	9757871.271	37.863	tn
1794	603955.211	9757868.588	37.27	tn
1795	603951.141	9757865.602	36.773	tn
1796	603946.97	9757862.287	37.095	tn
1797	603938.71	9757855.757	37.49	tn
1798	603932.042	9757851.173	38.002	tn
1799	603925.474	9757847.536	38.522	tn
1800	603918.966	9757842.56	38.858	tn
1801	603908.748	9757836.396	38.863	tn
1802	603902.393	9757832.945	38.391	tn
1803	603897.12	9757829.413	37.748	tn
1804	604064.582	9757612.747	37.252	tn
1805	604070.257	9757618.628	38.715	tn

1806	604078.155	9757622.206	34.287	tn
1807	604086.298	9757627.051	33.798	tn
1808	604093.947	9757632.428	32.215	tn
1809	604100.673	9757636.819	30.52	tn
1810	604108.456	9757643.074	31.488	tn
1811	604115.53	9757647.928	32.914	tn
1812	604088.376	9757696.42	28.389	tn
1813	604209.86	9757628.105	42.393	tn
1814	604226.529	9757607.683	45.324	tn
1815	604008.629	9757846.081	32.866	tn
1816	604035.047	9757763.554	26.842	tn
1817	604040.223	9757768.241	26.785	tn
1818	604046.086	9757771.773	26.43	tn
1819	604051.594	9757776.193	26.092	tn
1820	604052.609	9757777.034	25.957	tn
1821	604053.095	9757777.422	25.915	tn
1822	604056.312	9757780.41	26.543	tn
1823	604063.086	9757785.242	26.506	tn
1824	604067.863	9757788.573	26.119	tn
1825	604073.029	9757791.875	26.213	tn
1826	604077.062	9757794.901	26.107	tn
1827	604080.631	9757796.9	25.953	tn
1828	604030.144	9757760.401	26.82	tn
1829	604024.645	9757756.746	27.296	tn
1830	604024.639	9757756.835	27.286	tn
1831	604018.149	9757751.385	27.554	tn
1832	604012.653	9757747.733	27.713	tn
1833	604005.958	9757742.256	27.92	tn
1834	604000.886	9757738.49	28.237	tn
1835	603991.392	9757731.768	28.967	tn
1836	603986.123	9757727.499	29.049	tn
1837	603996.019	9757699.873	31.593	tn
1838	604001.982	9757704.99	30.435	tn
1839	604011.994	9757711.7	30.114	tn
1840	604020.17	9757716.978	29.565	tn
1841	604027.773	9757724.09	29.068	tn
1842	604037.618	9757731.13	28.099	tn
1843	604045.776	9757737.282	27.525	tn
1844	604052.23	9757741.796	26.965	tn
1845	604057.581	9757746.145	25.979	tn
1846	604071.905	9757758.443	26.077	tn
1847	604077.435	9757762.529	26.147	tn
1848	604083.613	9757767.083	26.132	tn
1849	604088.741	9757770.521	26.104	tn

1850	604093.216	9757774.15	26.027	tn
1851	604095.921	9757777.08	25.96	tn
1852	604098.091	9757763.666	25.924	tn
1853	604097.628	9757764.239	26.038	tn
1854	604096.434	9757765.754	25.924	tn
1855	604095.219	9757766.708	25.841	tn
1856	604094.255	9757767.325	25.814	tn
1857	604093.291	9757768.033	25.845	tn
1858	604092.297	9757768.404	25.933	tn
1859	604090.986	9757769.302	26.116	tn
1860	604089.584	9757755.242	26.254	tn
1861	604113.208	9757754.018	26.645	tn
1862	604108.028	9757750.604	26.561	tn
1863	604102.49	9757746.359	26.748	tn
1864	604095.342	9757740.749	26.873	tn
1865	604089.031	9757736.834	26.905	tn
1866	604083.063	9757732.348	26.918	tn
1867	604074.997	9757727.01	26.735	tn
1868	604070.511	9757722.982	27.278	tn
1869	604060.628	9757716.913	27.928	tn
1870	604054.107	9757712.562	28.629	tn
1871	604047.445	9757707.863	29.375	tn
1872	604040.814	9757703.01	30.107	tn
1873	604034.397	9757698.372	29.468	tn
1874	604027.428	9757693.341	31.39	tn
1875	604021.254	9757688.647	32.571	tn
1876	604035.185	9757659.043	35.738	tn
1877	604041.916	9757664.667	34.768	tn
1878	604049.729	9757671.213	33.635	tn
1879	604056.751	9757676.056	32.911	tn
1880	604065.277	9757681.737	31.177	tn
1881	604070.676	9757684.324	29.008	tn
1882	604080.383	9757691.715	28.46	tn
1883	604088.459	9757696.399	28.375	tn
1884	604097.243	9757702.854	29.195	tn
1885	604103.518	9757708.066	29.504	tn
1886	604110.159	9757713.678	29.374	tn
1887	604116.052	9757719.17	29.22	tn
1888	604122.455	9757724.596	29.112	tn
1889	604126.715	9757728.745	28.833	tn
1890	604130.744	9757732.261	28.55	tn
1891	604149.875	9757707.1	32.762	tn
1892	604142.494	9757701.559	33.365	tn
1893	604136.079	9757696.771	33.606	tn

1894	604125.112	9757689.114	33.797	tn
1895	604113.682	9757680.706	32.737	tn
1896	604107.058	9757675.382	31.743	tn
1897	604175.283	9757568.81	49.16	tn
1898	604170.324	9757564.477	48.506	tn
1899	604163.318	9757559.233	47.688	tn
1900	604156.324	9757553.191	46.97	tn
1901	604149.796	9757548.363	46.269	tn
1902	604140.042	9757541.134	45.487	tn
1903	604133.642	9757535.676	44.828	tn
1904	604127.335	9757531.025	44.085	tn
1905	604114.148	9757550.497	42.097	tn
1906	604119.167	9757553.904	40.767	tn
1907	604125.633	9757559.151	41.263	tn
1908	604132.863	9757565.023	41.63	tn
1909	604140.363	9757571.407	42.053	tn
1910	604145.817	9757576.104	42.466	tn
1911	604152.069	9757581.595	43.004	tn
1912	604158.702	9757586.992	43.876	tn
1913	604165.603	9757592.63	44.408	tn
1914	604171.731	9757598.382	45.04	tn
1915	604179.963	9757604.847	45.292	tn
1916	604185.962	9757608.834	45.069	tn
1917	604192.509	9757615.459	44.457	tn
1918	604199.688	9757620.008	43.837	tn
1919	604205.928	9757624.923	43.027	tn
1920	604220.234	9757603.067	46.457	tn
1921	604212.208	9757596.982	47.787	tn
1922	604206.276	9757592.189	48.722	tn
1923	604199.577	9757587.219	49.501	tn
1924	604188.721	9757578.974	50.168	tn
1925	604181.997	9757573.591	49.962	tn
1926	604669.403	9757015.126	21.349	tn
1927	604667.12	9757017.997	20.547	tn
1928	604650.098	9756999.456	22.144	tn
1929	604665.363	9757020.013	19.814	tn
1930	604662.265	9757023.103	19.38	tn
1931	604659.457	9757026.691	19.191	tn
1932	604655.84	9757030.552	19.28	tn
1933	604653.933	9757032.676	19.052	tn
1934	604634.822	9757016.868	19.623	tn
1935	604648.366	9757001.213	21.721	tn
1936	604638.118	9757013.171	19.556	tn
1937	604646.498	9757003.261	21.317	tn

1938	604641.061	9757009.554	19.333	tn
1939	604645.453	9757004.73	20.532	tn
1940	604643.677	9757006.749	19.493	tn
1941	604627.711	9756981.75	22.853	tn
1942	604625.574	9756984.401	22.412	tn
1943	604624.333	9756986.18	21.254	tn
1944	604619.885	9756991.403	20.412	tn
1945	604623.431	9756987.136	20.595	tn
1946	604617.365	9756994.754	20.205	tn
1947	604615.061	9756998.097	20.233	tn
1948	604612.754	9757000.825	20.185	tn
1949	604593.612	9756985.786	20.536	tn
1950	604599.037	9756980.459	20.72	tn
1951	604600.837	9756978.263	20.69	tn
1952	604609.527	9756967.016	23.537	tn
1953	604608.251	9756968.519	23.283	tn
1954	604606.759	9756971.231	23.001	tn
1955	604605.379	9756972.508	21.907	tn
1956	604605.24	9756974.044	20.812	tn
1957	604603.564	9756976.363	20.071	tn
1958	604609.691	9756980.321	20.228	tn
1959	604609.987	9756979.692	20.281	tn
1960	604565.145	9756964.949	21.401	tn
1961	604567.665	9756961.593	21.438	tn
1962	604569.405	9756958.788	21.671	tn
1963	604571.202	9756956.468	21.969	tn
1964	604572.247	9756954.159	22.088	tn
1965	604573.903	9756952.429	22.107	tn
1966	604577.727	9756948.41	23.925	tn
1967	604581.928	9756944.96	24.476	tn
1968	604574.754	9756970.545	20.347	tn
1969	604577.364	9756967.992	20.316	tn
1970	604579.375	9756965.696	20.182	tn
1971	604581.609	9756963.638	20.135	tn
1972	604582.797	9756961.247	20.226	tn
1973	604584.559	9756959.048	20.977	tn
1974	604586.107	9756957.11	21.999	tn
1975	604587.269	9756955.775	23.184	tn
1976	604588.194	9756954.652	23.732	tn
1977	604590.097	9756952.314	24.101	tn

Elaborado por: Cadena y Castañeda (2024)

Anexo 5

Cálculo de poligonal cerrada con teodolito



Elaborado por: Cadena y Castañeda, (2024)

Anexo 6

Levantamiento altimétrico y planimétrico con Estación total



Elaborado por: Cadena y Castañeda, (2024)

Anexo 7

Emparejando el receptor base con el receptor rover



Elaborado por: Cadena y Castañeda, (2024)

Anexo 8

Receptando información en la recolectora (RTK)



Elaborado por: Cadena y Castañeda, (2024)