



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA PARA LA REALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Luis Fernando Córdova Chávez

Asesorado por el Ing. Rodolfo Estuardo Miranda Pirir

Guatemala, agosto de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA PARA LA REALIZACIÓN DE
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS FERNANDO CÓRDOVA CHÁVEZ

ASESORADO POR EL ING. RODOLFO ESTUARDO MIRANDA PIRIR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Linares Cruz
EXAMINADOR	Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarria
EXAMINADOR	Ing. Juan Ramon Ordoñez Hernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA PARA LA REALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha noviembre de 2010.

Luis Fernando Córdova Chávez

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por estar conmigo en todo momento, y bendecirme con sabiduría, dirección, fuerza, protección y permitirme lograr este triunfo.
- Mis padres** José Dolores Córdova y María Cristina Chávez de Córdova, por sus múltiples sacrificios, instrucción, apoyo y amor incondicional que me brindaron, a ellos dedico este triunfo alcanzado.
- Mi hermano** Rolando Enrique Chávez con cariño y aprecio, por su comprensión y apoyo, que mi triunfo sea un ejemplo para que sigan adelante y no desfallezcan ante nada.
- Mis tíos y primos** Por todo su apoyo y cariño incondicional en especial.
- Mis seres queridos** Que desde lo alto siguen guiando mi caminar.
- Mis amigos y compañeros** A todos ellos que han estado conmigo en las buenas y malas incondicionalmente contribuyendo con sus conocimientos y consejos para alcanzar este triunfo.
- La Universidad de San Carlos de Guatemala** En especial a la Facultad de Ingeniería, por darme la oportunidad de expandir mis conocimientos científicos, técnicos y éticos en tan prestigiosa casa de estudios.

**Al Centro de
Investigaciones
de Ingeniería (CII)**

Por haberme dado la oportunidad de haber realizado mis prácticas laborales y gracias a ese apoyo y guía, me ha servido de inspiración para realizar uno de mis anhelos más grandes en la vida, llegar a ser profesional.

**Ing. Rodolfo
Miranda Pirir**

Por su valioso tiempo y apoyo técnico profesional brindado de manera incondicional y por su valiosa asesoría al presente trabajo de graduación.

A todas las personas que de alguna manera colaboraron en la realización del presente trabajo de graduación, que Dios los bendiga y los llene de éxitos en el futuro.

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

José Dolores Córdova y María Cristina Chávez de Córdova.
Hoy soy ingeniero civil, quizá no era lo planeado desde un principio, pero soy quién quería ser y todo se los debo a ustedes, que esto sea una mínima recompensa a sus incontables sacrificios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. CRITERIOS DE EVALUACIÓN ANTES DE REALIZAR UN LEVANTADO TOPOGRÁFICO.....	1
1.1. Reseña histórica de la topografía.....	1
1.2. División de la topografía.....	5
1.3. Uso y aplicación de la topografía.....	7
1.4. Visitas de campo.....	9
1.5. Tipos de recursos.....	10
1.5.1. Humanos.....	10
1.5.2. Técnicos.....	11
1.6. Consideraciones técnicas.....	12
1.7. Recopilación de datos y manejo de la información.....	13
2. GENERALIDADES.....	15
2.1. Necesidades y objetivos de un levantamiento topográfico.....	15
2.2. Importancia que tiene el desarrollo de topografía en las municipalidades para la planificación de proyectos de infraestructura.....	20
2.3. Marco legal.....	24
2.3.1. Registro de Información Catastral (RIC).....	24

2.3.2.	Ley de Parcelamientos Urbanos.....	24
2.4.	Importancia de bitácoras de trabajo a realizar a la hora del desarrollo de un levantamiento topográfico.....	28
2.5.	Forma adecuada de llevar el control de una libreta topográfica.....	29
2.6.	Necesidad y objeto de la Geodesia.....	30
2.7.	Topografía y agrimensura.....	33
2.8.	Desmembración.....	34
2.9.	Rectificación de áreas.....	35
2.10.	Coordenadas geográficas.....	36
2.11.	Campo magnético terrestre.....	38
2.12.	Polos magnéticos.....	39
2.13.	Ángulos.....	40
2.13.1.	Inclinación.....	40
2.13.2.	Declinación.....	40
2.13.3.	Convergencia.....	41
2.14.	Sistemas de medidas.....	42
2.14.1.	Sistema métrico.....	42
2.14.2.	Sistema inglés.....	43
3.	INSTRUMENTOS E IMPLEMENTOS DE TRABAJO.....	47
3.1.	Elementos complementarios en levantamientos topográficos..	47
3.1.1.	Clinómetro.....	47
3.1.2.	Cintas.....	48
3.1.3.	Plomadas.....	49
3.1.4.	Jalones.....	50
3.1.5.	Brújula.....	51
3.1.6.	Calculadora.....	53
3.1.7.	Computadora.....	53

3.1.8.	GPS.....	54
3.1.9.	Otros elementos.....	57
3.2.	Trípodes.....	58
3.2.1.	Trípode de madera.....	58
3.2.2.	Trípode de aluminio.....	59
3.3.	Estadales.....	60
3.3.1.	Estadal de madera.....	61
3.3.2.	Estadal de aluminio.....	61
3.4.	Teodolitos mecánicos.....	62
3.5.	Teodolitos mecánicos digitales.....	63
3.6.	Estaciones totales.....	63
3.6.1.	Componentes básicos.....	64
3.6.2.	Funcionamiento.....	65
3.6.3.	Alcance del distanciometro.....	65
3.6.4.	Precisión del distanciometro.....	66
3.6.5.	Estaciones motorizadas.....	68
3.7.	Tipos de niveles.....	68
3.7.1.	Niveles tipo Y.....	68
3.7.2.	Niveles de tipo fijo o de anteojo corto.....	68
3.7.3.	Niveles de tipo basculante de anteojo fijo.....	69
3.7.4.	Niveles de tipo autonivelante.....	69
3.7.5.	Niveles de rastreo por láser.....	69
3.7.6.	Niveles geodésicos de precisión.....	70
4.	PLANIMETRÍA Y SUS MÉTODOS.....	71
4.1.	Elementos de observación y medición de distancias.....	71
4.2.	Levantamientos taquimétricos.....	71
4.3.	Métodos.....	72
4.3.1.	Método de radiación.....	72

4.3.2.	Método por ordenadas.....	73
4.3.3.	Método por ángulos internos.....	74
4.3.4.	Método por deflexiones simples.....	74
4.3.5.	Método por dobles deflexiones.....	75
4.3.6.	Método por conservación de azimut.....	75
4.4.	Error de cierre angular.....	76
4.5.	Tolerancia compensación.....	78
4.6.	Cálculo y compensación del error.....	79
4.7.	Libreta topográfica.....	83
4.7.1.	Planimétrica.....	83
4.7.2.	Planimetría taquimétrica.....	84
4.8.	Sistema de posicionamiento global.....	87
4.8.1.	Sistema de coordenadas con GPS.....	88
5.	ALTIMETRÍA Y SUS MÉTODOS.....	101
5.1.	Objeto de la altimetría.....	102
5.2.	Superficies de nivel.....	103
5.3.	Cota, altitud y desnivel.....	103
5.4.	Desnivel verdadero y desnivel aparente.....	103
5.5.	Errores esfericidad, refracción y medio.....	105
5.6.	Tipos de niveles.....	106
5.6.1.	Niveles convencionales.....	106
5.6.2.	Niveles automáticos.....	107
5.7.	Miras alimétricas.....	108
5.8.	Libreta planimétrica.....	108
5.9.	Tipos de errores.....	109
5.9.1.	Sistemáticos.....	109
5.9.2.	Accidentales.....	109
5.10.	Nivelación.....	110

5.10.1.	Nivelación trigonométrica o por pendientes.....	110
5.10.2.	Nivelación trigonométrica simple y compuesta a cortas distancias.....	111
5.10.3.	Nivelación trigonométrica a largas distancias.....	112
5.10.4.	Tolerancia y compensación de los errores de cierre.....	112
5.11.	Libreta topográfica.....	113
5.11.1.	Nivelación diferencial.....	113
5.11.2.	Nivelación por taquimetría.....	115
6.	TRABAJOS DE GABINETE.....	119
6.1.	Digitación y verificación de datos.....	119
6.2.	Cálculos de áreas.....	120
6.2.1.	Cálculo por métodos geométricos.....	120
6.2.2.	Cálculo con planímetro.....	121
6.2.3.	Por dobles distancias paralelas.....	123
6.2.4.	Por coordenadas.....	138
6.3.	Método de Pensilvania.....	144
	CONCLUSIONES.....	149
	RECOMENDACIONES.....	151
	BIBLIOGRAFÍA.....	153
	APÉNDICES.....	155

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema entre la topografía y otras disciplinas de la ingeniería.....	17
2.	Bosquejo para la toma de medidas.....	19
3.	Superficies de la tierra.....	32
4.	Coordenada geográfica.....	38
5.	Campo magnético terrestre.....	38
6.	Declinación magnética.....	41
7.	Convergencia.....	42
8.	Clinómetro.....	47
9.	Cinta.....	49
10.	Plomadas.....	49
11.	Jalones.....	50
12.	Manejo de jalones.....	51
13.	Brújula.....	52
14.	Calculadora.....	53
15.	Computadora.....	54
16.	GPS.....	57
17.	Trípode de madera.....	59
18.	Trípode de aluminio.....	60
19.	Estadal.....	61
20.	Teodolito mecánico.....	62
21.	Teodolito mecánico digital.....	63
22.	Estación total.....	67
23.	Método por ordenadas.....	74

24.	Error taquimétrico.....	79
25.	Error ocasionados por brújula.....	81
26.	Ejemplo de ley de cosenos.....	86
27.	Ejemplo de ley de senos.....	86
28.	Diagrama de un sistema de información geográfica.....	89
29.	Modelos vectorial y raster.....	91
30.	Capas vectoriales.....	92
31.	Modelo vectorial.....	93
32.	Modelo raster.....	93
33.	Intersección múltiple de rectas.....	95
34.	Desnivel entre 2 puntos.....	104
35.	Nivel convencional.....	107
36.	Nivel automático.....	107
37.	Nivelación diferencia y de perfil.....	117
38.	Planímetro polar mecánico.....	121
39.	Recta meridiano-ecuador.....	124
40.	Polígono cualquiera.....	126
41.	Polígonos a calcular.....	127
42.	Polígono A.....	128
43.	Polígono B.....	129
44.	Polígono con 5 vértices.....	133
45.	Polígonos cualquiera.....	134
46.	Polígono cualquiera A.....	134
47.	Polígono cualquiera B.....	135
48.	Figuras trapezoidales.....	139
49.	Área A.....	140
50.	Área B.....	140

TABLAS

I.	Libreta topográfica utilizada para planimetría.....	29
II.	Libreta topográfica utilizada para altimetría.....	30
III.	Libreta de campo.....	98
IV.	Coordenadas parciales y totales.....	99
V.	Libreta de campo nivelación.....	118
VI.	Libreta de campo calculada.....	118
VII.	Etapas para la digitación de datos.....	119
VIII.	Distancias al meridiano (DM) y al ecuador (DE).....	124
IX.	Coordenadas totales.....	126
X.	Información básica de gabinete.....	131
XI.	Cálculo de área.....	132
XII.	Cálculo de área.....	133
XIII.	Cálculo de área.....	138
XIV.	Ytotal y Xtotal	142
XV.	Cálculo de área.....	144
XVI.	Libreta de campo.....	147
XVII.	Coordenadas totales y parciales.....	148

GLOSARIO

Altimetría	Medida de la altitud o elevación la altitud se mide sobre una superficie de referencia (datum); la medida de profundidades bajo el agua se denomina batimetría.
Azimut	Ángulo formado entre una línea y un meridiano normalmente se refiere con este término a la orientación geográfica; en este caso, la primera línea sería la proyección sobre el plano XY del vector perpendicular al terreno en el punto problema.
Cartografía	Conjunto de técnicas utilizadas para la construcción de mapas.
Cenit	Lugar al que apunta el vector normal a la superficie terrestre en un punto de observación, el punto de observación se supone sobre la superficie de la Tierra.
Clasificación	Proceso de agrupamiento de un conjunto de elementos en clases en el sentido estadístico, una clasificación pretende agrupar los elementos en clases internamente homogéneas pero diferenciables entre ellas por los valores de una o varias variables.

Coordenada	Cantidad usada para definir una posición en un sistema de referencia las coordenadas, pueden ser lineales (cartesianas) o angulares (esféricas), según el sistema de referencia.
Cota	Altitud asociada a un punto habitualmente, un mapa de elevaciones está formado por curvas de nivel y por puntos acotados.
Dato	Hecho verificable sobre la realidad un dato puede ser una medida, una ecuación o cualquier tipo de información que pueda ser verificada (en caso contrario se trataría de una creencia).
Datum	Sistema geométrico de referencia empleado para expresar numéricamente la posición geodésica de un punto sobre el terreno, cada datum se define en función de un elipsoide y por un punto en el que el elipsoide y la Tierra son tangentes.
Digitalizar	Operación de codificar la información en cifras la digitalización se aplica habitualmente a la codificación de la información gráfica (mapas y planos convencionales), pero puede ser aplicada con propiedad a todo tipo de información para la construcción de bases de datos digitales.

Entorno	Conjunto de valores de los factores influyentes bajo los cuales se realiza una simulación es un concepto equivalente a “escenario” y representa bajo qué condiciones se ejecuta la simulación de un proceso; en este contexto, la experimentación es la realización de simulaciones bajo condiciones de entorno controladas.
Error	Diferencia entre el valor medido o estimado y el valor real en un modelo, el error representa la desviación entre lo predicho por el modelo y la realidad; el error es una estimación de la calidad de la información de un mapa y suele distinguirse del concepto de precisión, que hace referencia a la calidad del método de medida utilizado.
Estándar	Propiedad que garantiza la uniformidad en los métodos de capturar, representar, almacenar y documentar la información la estandarización es, hoy por hoy, un objetivo ya que no existen normas universalmente aceptadas para casi ningún tipo de información.
Georeferenciar	Asignar coordenadas geográficas a un objeto o estructura.

Línea	Conjunto ordenado de vectores encadenados en el modelo de datos vectorial, la línea se usa para representar objetos geográficos como carreteras, bordillos, etc.
Mapa	Modelo gráfico de la superficie terrestre donde se representan objetos espaciales y sus propiedades métricas, topológicas y atributivas un mapa puede ser analógico (impreso sobre papel, por ejemplo) o digital (codificado en cifras, almacenado en una computadora y presentado en una pantalla).
Modelo	Representación simplificada de un objeto o proceso en la que se representan algunas de sus propiedades un modelo reproduce solamente algunas propiedades del objeto o sistema original que queda, por tanto, representado por otro objeto o sistema de menor complejidad; los modelos se construyen para conocer o predecir propiedades del objeto real.
Pendiente	Ángulo entre la línea normal a la superficie del terreno y la vertical la pendiente o inclinación del terreno, es la derivada primera de la altitud y puede estimarse directamente a partir del modelo digital de elevaciones mediante filtros.

Polígono	Figura geométrica plana formada por, al menos, un anillo externo un polígono puede tener anillo(s) interno(s) en cuyo caso se habla de un polígono compuesto en vez de un polígono simple.
Precisión	Calidad del proceso de medida de una magnitud el método GPS, es muy preciso pero las medidas utilizadas sin corrección están afectadas por un error importante derivado de una degradación inducida en la señal de los satélites.
Proyección	Conjunto de transformaciones métricas definidas, para representar la superficie de la Tierra sobre un plano.
<i>Raster</i>	Modelo de datos en el que la realidad se representa mediante piezas elementales que forman un mosaico regular.
Red	Modelo de datos formado por nodos y conexiones entre ellos.
Sistema de Coordenadas	Marco de referencia espacial, que permite la definición de localizaciones mediante coordenadas éstas pueden ser lineales (sistemas cartesianos, con ejes ortogonales) o esféricas (donde se utilizan como coordenadas el azimut y elevación angular).

Validación

Proceso de comprobación de que datos y métodos responden a un estándar.

Vector

Entidad geométrica definida por una magnitud y un sentido.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación consiste en una guía teórica y práctica para la realización de levantamientos topográficos, específicamente para estudiantes que van a desarrollar su Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) y que para ello, necesitan conocer conceptos y metodologías básicas las cuales pueden ser útiles.

Con esta guía se espera contribuir al enriquecimiento y fortalecimiento de la investigación del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), en la aplicación de medidas y estudios topográficos al público en general y cumplimiento con parámetros de calidad y aceptabilidad que requiere el mercado.

Aportar las bases de futuros proyectos, involucrando a personas de comunidades guatemaltecas, y procurar ofrecer alternativas de trabajo y de mejora de la infraestructura de sus comunidades: calles, carreteras, viviendas con el fin de mejorar nivel de vida.

Finalmente se espera que sirva para mejorar la calidad de profesionales egresados, para que puedan aspirar a mejores oportunidades de empleo en el área de Ingeniería Civil.

OBJETIVOS

General

Ampliar los conocimientos adquiridos en el área de topografía; poder llevarlos a la práctica y desarrollo en el ámbito laboral, de esta manera poder brindar al estudiante los elementos, tanto teóricos como prácticos, necesarios para realizar mediciones de terrenos y utilizarlas para la creación de planos topográficos y someterlas a procedimientos de cálculo que permitan obtener datos útiles como áreas, volúmenes y ubicación general de puntos específicos sobre el terreno.

Específicos

1. Llegar a comprender y seleccionar el tipo de levantamiento topográfico para diferentes proyectos de la Ingeniería Civil.
2. Realizar levantamientos topográficos en cinta, así como los métodos de levantamientos topográficos de poligonales con cinta.
3. Operar correctamente el uso del teodolito y ejecutar levantamientos planimétricos de poligonales topográficas, realizando los cálculos correspondientes.
4. Aplicar los procesos de campo, cálculo y dibujo, efectuando la nivelación de poligonales cerradas y abiertas tradicionales y cerradas (cerradas) y abiertas (cerradas) con análisis de par de puntos de control con GPS topográficos al inicio y al final del itinerario, determinando la posición

vertical de bancos de nivel para apoyos topográficos, aplicar métodos de configuración para obtener un plano.

5. Preparar a los estudiantes para que lleguen a ejecutar proyectos de investigación y servicio que promuevan la participación de profesionales o estudiantes que lleven a cabo trabajos de graduación, trabajos de EPS y prácticas supervisadas.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de graduación se expondrá una guía teórica y práctica para la realización de levantamientos topográficos, en el cual se tiene como intención que no sólo sea un manual teórico, sino una guía práctica que sea útil para todas aquellas personas que no conozcan la metodología que tiene que realizarse a la hora de realizar un trabajo en campo.

La topografía, es una disciplina cuya aplicación está presente en la mayoría de las actividades humanas, que requieren tener conocimiento de la superficie del terreno donde tendrá lugar el desenvolvimiento de esta actividad.

En la realización de obras civiles, tales como acueductos, canales, vías de comunicación, etc., en la elaboración de urbanismos, en el catastro, en el campo, así como en la arqueología, y en muchos otros campos, la topografía constituye un elemento indispensable.

El estudio de la topografía, hace sólo unos pocos años, estaba dirigido solamente a los estudiantes de Ingeniería Civil y profesionales que necesitaban conocimientos básicos para trabajar en áreas muy técnicas como la geodesia. La topografía se estudia ahora en muchas disciplinas debido a la especialización y creación de nuevas profesiones, a las nuevas tecnologías y al aumento en general de aplicaciones topográficas en áreas que por tradición aparente no la necesitaban.

1. CRITERIOS DE EVALUACIÓN ANTES DE REALIZAR UN LEVANTADO TOPOGRÁFICO

1.1. Reseña histórica de la topografía

La topografía tuvo sus inicios en Egipto, los registros históricos más antiguos sobre esta materia, afirman que esta ciencia se originó en dicho sitio.

Las primeras aplicaciones fue la de medir y marcar los límites de los derechos de propiedad; Egipto así mismo se divide en lotes para el pago de impuestos. Las inundaciones anuales del río Nilo arrastraron partes de estos lotes y se designaron topógrafos para redefinir los linderos.

Las primeras civilizaciones creían que la Tierra era una superficie plana, pero con dos constataciones sencillas, dedujeron poco a poco que el planeta en realidad era curvo en todas direcciones, cuando notaron la sombra circular de la tierra sobre la Luna durante los eclipses; cuando observaron que los barcos desaparecían gradualmente al navegar hacia el horizonte.

En tiempos de los griegos, la forma esférica de la Tierra era ampliamente sostenida. Platón estimó la circunferencia de la tierra en 40 000 millas, esto es difícil de establecer y no se conoce de forma exacta. Los inicios de topografía no corresponden a un siglo determinado. Los egipcios ya conocían relaciones geométricas y artilugios para medir y replantear.

En Roma, Tales de Mileto (624 a.c.) ya había realizado sus trabajos sobre geometría y de ahí parte la ordenación urbana romana. Los romanos

fueron muy "geométricos" en sus obras civiles. El estudio de la geometría, aplicada a la ingeniería, requiere por necesidad a la topografía.

Pero fue en Egipto, de donde trajo grandes descubrimientos geométricos, posiblemente la sabiduría que se le atribuye (como la de Pitágoras, Arquímedes, Ptolomeo...) esté muy basada (por no decir copiada) de conocimientos egipcios.

Sin embargo, la topografía, tal y como se conoce, con aparatos óptico mecánicos, miras, trípodes, etc, tuvo su origen y gran desarrollo en Francia e Inglaterra. A partir del renacentismo se inició un gran despegue de todas las ciencias, entre ellas la cartografía, matemáticas, física, óptica, y con ellas la topografía.

Historia evolutiva de la topografía

Se sabe que distintas civilizaciones también tuvieron conocimientos avanzados en cuanto a topografía se refería, tanto los griegos como los chinos conocían bien el movimiento del sol, y con ello tenían un concepto cierto del meridiano, siendo el modelo figurado de la Tierra, esférico para los griegos con el sol en un punto del infinito, mientras que los chinos colocaban éste en un punto finito y el modelo de la Tierra plano.

Los egipcios conocían como ciencia pura lo que después los griegos bautizaron con el nombre de geometría (medida de la tierra) y su aplicación en lo que pudiera considerarse como topografía o quizá, mejor dicho etimológicamente, topometría. Hace más de 5 000 años existía la división de parcelas con fines fiscales, así como para la reinstalación de linderos ante las avenidas del Nilo.

Posiblemente, a partir de que el hombre se hizo sedentario y comenzó a cultivar la tierra, nació la necesidad de hacer mediciones o, como señala el ingeniero geógrafo francés P. Merlín, la topografía nace al mismo tiempo que la propiedad privada.

Las pruebas fehacientes que ubiquen la realidad histórica de la topografía se han encontrado en forma aislada como lo muestra una tablilla de barro encontrada en Ur, en Mesopotamia, que data de tres siglos antes de Cristo y los testimonios encontrados en otros territorios, en diversas partes del mundo, pero es de Egipto de donde se han obtenido mayores y mejores referencias.

Las mediciones hechas en Egipto por los primeros cadeneros o estiradores de cables, como al parecer los llamaban, eran realizadas con cuerdas anudadas, o con marcas, que correspondían a unidades de longitud convencionales, como el denominado codo. Cada nudo o marca estaba separada, en la cuerda, por el equivalente de 5 codos y esto daba una longitud aproximada de 2,5 metros.

La necesidad de medir regiones más o menos extensas, gestó conocimientos empíricos, desconectados y rudimentarios que después evolucionaron. Quizá en un principio el hombre usó como patrones de medida las cosas que le eran familiares, particularmente su propio cuerpo; por ejemplo, la alzada de un caballo era medida en palmos, es decir, tantas veces la anchura de la mano. La distancia entre la punta del dedo meñique y la punta del dedo pulgar, con la mano totalmente extendida, era considerada como medio codo y ésta era la distancia entre el codo y la punta de los dedos. El pie fue otra medida y se la consideraba como las tres cuartas partes del codo.

La braza o altura del hombre era considerada de cuatro codos, pero todas estas unidades de medida presentaban dificultades, debido a las distintas tallas entre los individuos. Ello hizo en Egipto que se estableciera, hacia el año 3 000 antes de Cristo, el codo real como patrón de medida convencional. Posiblemente basado en la medida del codo de algún faraón, su dimensión era de 52,3 centímetros.

Los sumerios, persas y griegos dieron después otras diferentes longitudes a la unidad de medida llamada codo; otros pueblos también la usaban y así en la Biblia aparecen referencias a esta unidad de medida y otras unidades, mediciones de objetos y de terrenos, edificios, etc. También hay datos relativos a elementos utilizados en topografía.

Eratóstenes concluyó que las dos ciudades de Alejandría y Siena se localizaban aproximadamente en el mismo meridiano, porque en ese día la imagen del sol podía verse reflejada desde el fondo de un pozo vertical y profundo. En Alejandría determina el ángulo midiendo la longitud de la sombra proyectada por una estaca vertical de longitud conocida y con eso calcula la circunferencia de la Tierra; dando lugar a los avances siguientes:

- Siglo XV: Mercator estudia las proyecciones y dimensiones terrestres.
- Siglo XVII: la geodesia contribuye a la invención del telescopio, las tablas de logaritmos y métodos de triangulación.
- Siglos XVIII y XIX: el arte de la topografía avanzó más rápidamente. La necesidad de mapas y de deslindar las fronteras con otros países ocasionaron que Inglaterra y Francia, realizaran extensos levantamientos

que requirieron triangulaciones precisas; la topografía siempre ha desempeñado un papel muy importante en la estrategia militar.

- La Primera y Segunda Guerra Mundiales, los conflictos de Corea y Vietnam y la Operación Tormenta del Desierto, cada uno ha creado demandas asombrosas de mediciones y mapas precisos. Estas operaciones militares también fueron un estímulo para mejorar los instrumentos y los métodos para satisfacer estas necesidades.

1.2. División de la topografía

La geodesia se deriva del griego geo que significa tierra y daio que significa dividir. La geodesia estudia la forma y dimensiones de la tierra, considerándola en su totalidad. Se ocupa principalmente de su medida, para este fin se apoya en la tecnología actual.

El origen de la topografía procede del griego topo que quiere decir lugar y grafos que quiere decir dibujo. La topografía necesita apoyarse en la geodesia para su fin. Estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de una parte de la superficie terrestre, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales.

La topografía es una rama de la ingeniería que estudia las posiciones de los puntos de interés que se encuentran en la superficie terrestre o bajo ella. Cada posición es determinada en función de las medidas y combinaciones de los tres elementos espaciales siguientes: distancia, elevación y dirección, la que a su vez explica:

- Los procedimientos y las operaciones del trabajo de campo.

- Los métodos de cálculo o procesamiento de datos.
- La representación del terreno en un plano o dibujo topográfico a escala.

Se puede decir, que la topografía, es la ciencia que reúne, maneja y gestiona todo el conjunto de procedimientos y tecnología instrumental precisos para la ingeniería y la arquitectura

La topografía tiene su aplicación en:

- Levantamiento: desde el punto de vista de la recopilación de datos en su entorno natural o artificial. Dicho de otra forma, la determinación de medidas y relaciones que fijen la geometría del entorno que va a ser objeto de transformación y actuación.

De acuerdo al levantamiento previo

- División de áreas
- Amojonamiento
- Alineación de linderos
- Replanteo: de acuerdo al levantamiento previo plasmación sobre el terreno de los puntos, medidas y relaciones que dan realidad al modelo grafado en los planos, y que componen un proyecto.

El estudio de la topografía se divide en las siguientes áreas:

Planimetría: solo se tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario que supone es la superficie media de la tierra, estudia los

métodos y procedimientos que permiten obtener a escala, en un plano , todos los detalles interesantes del terreno , prescindiendo del terreno.

Altimetría: tiene en cuenta las diferencias de nivel existentes entre las diferentes partes de un terreno, la altimetría o nivelación tiene por objetivo la determinación de la diferencia de alturas entre distintos puntos del espacio, a partir de una superficie de referencia.

A la altura de un punto determinado se denomina cota del punto. Si la altura está definida con respecto al nivel del mar se dice que la cota es absoluta, mientras que si se trata de cualquier otra superficie de referencia se dice que la cota es relativa. A la diferencia de altura entre dos puntos se denomina diferencia de nivel.

1.3. Uso y aplicación de la topografía

La tarea del topógrafo es previa al inicio de un proyecto: el ingeniero proyectista debe contar con un buen levantamiento:

- Planimétrico
- Altimétrico

Previo del terreno y de hechos existentes (elementos inmóviles y fijos al suelo) ya sea que la obra se construya en el ámbito rural o urbano. Realizado el proyecto con base en este relevamiento, el topógrafo se encarga del levantamiento preliminar y posterior replanteo, además ubica los límites de la obra, los ejes desde los cuales se miden los elementos (columnas, tabiques y otros elementos); establece los niveles o la altura de referencia. Luego la obra avanza y en cualquier momento, el ingeniero jefe de obra puede solicitar un

informe que varía al tipo de trabajo ya sea construcción, catastral y administrativo.

Levantamientos topográficos: son levantamientos de escalas medias a grandes (1/5000, 1/100, 1/10 máximo), no es necesario tener en cuenta la curvatura terrestre y no se debe de recurrir a la geodesia. Aunque si se hace un canal o similar de gran longitud, en el que hay que superponer varios planos es necesario tener en cuenta la geodesia.

- Levantamientos catastrales: se realizan para determinar cómo es la planimetría de la parcela y se representan en planos (1/5000).
- Levantamientos urbanos: se hace en municipios para que quede representada la planimetría de cada edificio o solar y se representan en planos (1/500).
- Levantamientos para proyectos de ingeniería: se hacen en el caso en que se tenga una escala grande y se necesite una pequeña, entonces se tiene que hacer el propio plano y se representan en planos (1/1000).
- Levantamientos cartográficos: se llevan a cabo en mapas de pequeña escala (1/200000, 1/50000, etc). Se necesita el apoyo de la geodesia para pasar a superficie plana, será necesario apoyarse en la fotogrametría.
- Aplicaciones de ingeniería: se realizan para llevar al terreno lo que se ha representado en el papel. Se requiere de topografía para las plataformas petrolíferas, repetidores de televisión, la topografía tiene aplicaciones dentro de Ingeniería Civil, tanto en levantamientos como trazos, deslindes, divisiones de tierra determinación de área, etc. En la

Ingeniería Eléctrica: en los levantamientos previos y los trazos de líneas de transmisión, construcción de plantas hidroeléctricas, en instalación de equipos para plantas nucleoelectricas, etc. En Ingeniería Mecánica e Industrial: para la instalación precisa de máquinas y equipos industriales, configuración de piezas metálicas de gran precisión, etc. En la Ingeniería Civil: en ella es necesario realizar trabajos topográficos antes, durante y después de la construcción de obras tales como; carreteras, ferrocarriles edificios, puentes, canales, presas, etc.

1.4. Visitas de campo

Localización y aspectos generales

Es importante conocer a fondo las características de la región, así como su localización exacta, entre los muchos aspectos a considerar se puede mencionar; su precipitación anual promedio, temperatura, altura, población, fuentes hídricas que abastecen a la región, costumbres, temperatura, humedad relativa, condiciones geológicas y geotécnicas generales y consideraciones que sean muy características de la región que se diferencian de las demás.

Alcances y limitaciones

Para atender la solicitudes requeridas por parte de las personas responsables del proyecto, se debería de hacer una revisión general del esquema de ordenamiento territorial y posteriormente realizar un reconocimiento geológico rápido de las áreas sugeridas por la administración municipal, con el fin de identificar las condiciones de estabilidad del casco urbano del municipio.

1.5. Tipos de recursos

Un recurso es un bien esencial en la actividad topográfica, es importante que todos los sectores estén involucrados en el proyecto y crear capacidades organizativas para trabajar con eficacia.

Se deben aprovechar todos aquellos recursos que se encuentren al alcance, entre los cuales se pueden mencionar:

1.5.1. Humanos

Se relacionan con todo aquello que ofrecen las personas de la comunidad en las que pretende realizar la actividad laboral. Es muy complicado dirigir un equipo de personas debido a la poca o ninguna experiencia de todas ellas en lo que a topografía se refiere.

Los recursos humanos son un factor importantísimo para la elaboración de la planificación, ya que se debe saber sobre sus conocimientos y destrezas, que deben poner en juego dentro de la realización de la actividad que se le asigne, ya sea de forma individual o bien desde el trabajo en equipo y se debe considerar para ello: conocimiento, comunicación y motivación.

En las entidades, como cualquier otra organización, se puede formar una idea de cómo es la comunidad como tal: cuáles son sus valores, como es su forma de organizarse, de trabajar y la cultura propia de la región.

El topógrafo, es un profesional capacitado para planificar la realización de trabajos topográficos en general, de diferente precisión, que sirvan como base para la realización de obras civiles, tales como: carreteras, puentes,

represas y edificaciones. También puede organizar y administrar diferentes obras civiles. Planificar y diseñar diversos tipos de levantamiento para la elaboración de Catastro Rural y Urbano. .

Dar control vertical y horizontal a las diferentes obras civiles. Elaborar avalúos y peritajes de bienes muebles. Comprender la importancia de su función en el desarrollo del país, además de proceder con ética, creatividad y sensibilidad social en tales funciones.

1.5.2. Técnicos

Es importante saber qué tipo de aporte aparte del humano ofrecerán en el área de trabajo para comenzar a hacer el análisis sobre lo que se necesita para la realización del levantamiento topográfico.

Una de las razones más fuertes para este análisis, es que facilitan el registro de datos con mayor precisión, es decir, agudizan la capacidad de observación. Esto constituye una justificación para las condiciones adecuadas para los fines propuestos.

Habiendo hecho este análisis se puede hacer un inventario sobre los recursos faltantes, necesarios para echar a andar la planificación y poder cumplir con las metas propuestas en los tiempos establecidos previamente.

Las principales cualidades son:

- **Confiabilidad:** se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto, produce resultados consistentes y coherentes.

- Validez: indica el grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir.
- Objetividad: se refiere al grado en que el instrumento, es permeable a la influencia de los sesgos y tendencia de los investigadores que la administran, califican e interpretan.

La valoración de los recursos abarca los siguientes pasos:

- Reconocer los principios de valoración de los recursos naturales.
- Diseñar e implementar un sistema de medición para cada principio de valoración.
- Inventariar y cuantificar el recurso.

1.6. Consideraciones técnicas

Con relación al manejo, uso y aplicación en el medio, se deben utilizar diferentes criterios, dependiendo del tipo de región en la cual se pretende realizar el proyecto, entre las muchas consideraciones adicionales se pueden mencionar:

- La conveniencia ¿qué tan conveniente es la investigación?, qué tipo de relevancia social tendrá, si en realidad habrá una trascendencia para la sociedad, para la localidad, quiénes se beneficiaran con los resultados de la investigación.

- Se debería de ser capaz de conocer el impacto o daño que el problema puede ocasionar en la población afectada (biológico, social, cultural, económico, otros).
- De qué modo lo harán ¿qué alcance o proyección social tiene?.

En conclusión la susceptibilidad que tiene el problema de ser resuelto, es decir, la facilidad con que se puede resolver el problema.

1.7. Recopilación de datos y manejo de la información

Cuando se realiza la recopilación de datos se debe tener en cuenta que la información que se recopiló es muy valiosa y que la pérdida de la misma implica echar a perder varias semanas de trabajo, por lo tanto se debe ser precavidos ya que las consecuencias que esto puede conllevar, pueden ir desde el atraso de los trabajos futuros hasta pérdidas económicas importantes.

Se debe crear un conjunto de mecanismos para poder recolectar datos. Todo para poder garantizar que la manipulación de la información no se pierda, se debe de crear un conjunto de reglas y operaciones para el manejo de los equipos topográficos, que van desde el manejo de copias de las libretas topográficas y de ser posible manipular la información mediante uso de tecnología a través de copias digitales, las cuales solo podrán ser utilizadas por un pequeño grupo de personas que sean las que más involucradas estén en el proyecto, dado a lo valioso de la información.

Con esto se puede dar una idea sobre como poder crear una serie de procesos considerados en un estudio para la recolección de la información,

para poder ser capaces de describir de manera detallada todos los pasos que seguirán en la recolección de datos y en las distintas etapas del estudio. El objetivo básico es asegurar la validez y la confiabilidad del estudio.

2. GENERALIDADES

2.1. Necesidades y objetivos de un levantamiento topográfico

Una de las necesidades de la topografía, es contribuir a la formación del futuro ingeniero civil, mediante un adecuado proceso de enseñanza y aprendizaje, con el fin de que sea capaz de solucionar de manera eficiente y eficaz los problemas relacionados con el levantamiento topográfico.

Antiguamente la topografía se aplicaba principalmente en trabajos relacionados con la mensura o medición de terrenos (predios agrícolas) y para la construcción de obras viales (construcción de caminos).

En la actualidad, gracias a la evolución que han tenido los instrumentos y accesorios utilizados en la topografía, más la utilización de la informática y sus recursos es posible y común encontrar topógrafos incorporados a los equipos de actividades laborales en áreas tales como:

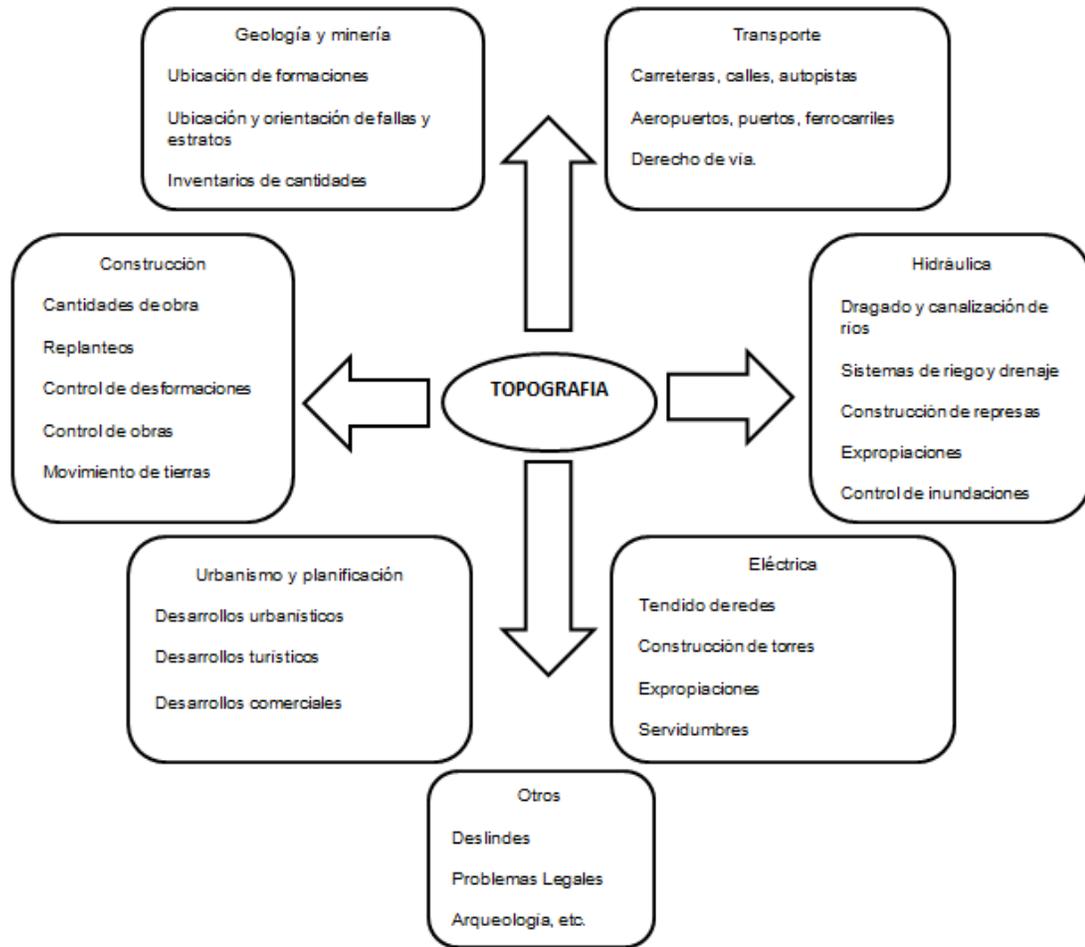
- **Agricultura:** para realizar plantaciones o cultivos importantes se debe inicialmente realizar un estudio topográfico por aspectos como el escurrimiento de las aguas, sistemas de drenajes y regadíos.
- **Forestación:** de igual forma que en la agricultura, la erosión, escurrimientos de aguas, los planes de manejo y la propia explotación requieren de accesos y espacios de faena. Todo apoyado por informaciones dadas por estudios previos de tipo topográfico.

- Hidráulica: el agua, recurso natural muy utilizado en la industria, agricultura y el abastecimiento poblacional, requiere de la topografía para el diseño de sus caudales de transportación o canalizaciones.
- Construcción: dada la tecnología que hoy se utiliza en obras de envergadura en la construcción de edificios, las técnicas de levantamiento topográfico del terreno para su diseño inicial; la aplicación de técnicas de replanteo o trazado, los controles de ejes y niveles de la estructura permiten que la topografía este incorporada de lleno en la ingeniería.
- Supervisión: se requiere durante la construcción de edificios, del apoyo topográfico con el objeto de verificar que el proyecto tanto de los elementos estructurales como en lo arquitectónico cumplan las normas de la supervisión y dirección de obra para evitar al cliente tiempos perdidos y costos innecesarios.

Es difícil imaginar un proyecto de ingeniería, por sencillo que este sea, en el que no se tenga que recurrir a la topografía en cada una de sus fases.

En la figura 1 se observa, en forma esquemática, la relación que existe entre la topografía y otras disciplinas de la ingeniería.

Figura 1. **Esquema entre la topografía y otras disciplinas de la Ingeniería**



Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Procedimientos topográficos. p. 15.

Al conocer las distintas disciplinas mencionadas, se puede apreciar la participación de los procesos topográficos a lo largo de las distintas fases de un proyecto, desde la recolección de información y producción de informes preliminares en la fase de planificación, hasta el control de operaciones y planificación de mantenimiento en la fase de operación.

Entre los objetivos necesarios para realizar un correcto levantamiento topográfico se puede mencionar; el de brindar los elementos, tanto teóricos como prácticos, necesarios para realizar mediciones de terrenos y utilizarlas para la creación de planos topográficos y someterlas a procedimientos de cálculo que permitan obtener datos útiles como áreas, volúmenes y ubicación general de puntos específicos sobre el terreno.

Concientizarse sobre la importancia de la topografía en su futuro trabajo como Ingeniero Civil, pues son las primeras actividades dentro de la profesión que brinda la oportunidad de desarrollar una labor profesional.

Familiarizarse con el uso y aplicación de conceptos, equipos y herramientas necesarias para la ejecución de mediciones topográficas de precisión.

Procedimiento adecuado para realizar un levantamiento topográfico

En muchas ocasiones, al iniciar un proyecto de construcción se encuentra en el campo de trabajo y no se tiene ningún tipo de información que ayude a cumplir con el objetivo. A partir de esta situación se hace indispensable recolectar la información existente y plasmarla en papel. A este proceso de recolectar la información y generar los planos del lugar, es lo que se conoce como levantamiento.

Figura 2. **Bosquejo para la toma de medidas**



Fuente: TORRES NIETO, Álvaro. Topografía. p. 25.

Dependiendo del tipo de trabajo a realizar existen diferentes tipos de levantamientos, los cuales son descritos con detalle en los capítulos posteriores.

Cuando se asigna desarrollar un proyecto de construcción desde cero, lo primero a realizar es un levantamiento topográfico, ya sea solo planimetría o altimetría.

Muy importante sería poder levantar los elementos estructurales visibles para que el diseñador tenga una idea de la distribución de los elementos estructurales de la edificación.

Siempre es aconsejable tomar fotos de todos los ángulos posibles y sobre todo de los elementos y detalles que conforman la edificación, esto ayudará a poder hacer una revisión sin tener que volver al sitio.

Una vez hecho este trabajo es recomendable documentarlo de manera organizada y entendible, cuestión que pueda usarse en un futuro como referencia.

Con todos estos datos e informaciones debidamente registradas el diseñador y constructor podrán realizar su trabajo de una manera eficaz y manteniendo el grado de incertidumbre al mínimo.

2.2. Importancia que tiene el desarrollo de topografía en las Municipalidades para la planificación de proyectos de infraestructura

La planificación permite coordinar los esfuerzos de un grupo para lograr que el trabajo sea más eficiente. Si el personal municipal y los participantes de un determinado proyecto conocen hacia donde deben dirigirse los esfuerzos (conocen los objetivos) y tiene claridad acerca de cómo alcanzar los objetivos (tienen claridad acerca de las estrategias generales y de las actividades), es muy probable que se aprovechen de mejor forma los recursos y se reduzcan los costos.

Resulta bastante usual en las municipalidades enfrentar las dificultades a medida que éstas se presentan, esquivando muchas veces los problemas críticos e invirtiendo su tiempo en actividades rutinarias, de bajo impacto para el desarrollo del municipio. Una visión de futuro, de largo plazo, en cambio, les permitiría solucionar problemas de manera permanente y con un mejor aprovechamiento de recursos.

Las autoridades municipales, conscientes del papel de la municipalidad como promotora del desarrollo del municipio y como empresa prestadora de

servicios, necesitan definir con anticipación el camino a seguir, de tal forma que se asegure el éxito del trabajo y que disminuyan los riesgos posibles.

Los ámbitos de planificación en una municipalidad van desde la planificación operativa de una unidad municipal o de un pequeño proyecto hasta la planificación del municipio, que plantea de manera estratégica el desarrollo del mismo. De esta manera, la municipalidad puede contar con el plan de desarrollo integral municipal, el plan de acción municipal, el plan operativo anual municipal, el programa institucional municipal y proyectos municipales, entre otros.

El elemento básico para la Ingeniería Civil, ha sido siempre y lo seguirá siendo el plano topográfico, sin él prácticamente sería imposible cualquier proyecto y obra de ingeniería. La planeación y ejecución del levantamiento topográfico son actividades de especial importancia, dado que el nivel de precisión que se alcance está directamente vinculado con la aplicación posterior del plano topográfico, así como es importante la interpretación de las líneas, direcciones y demás cantidades físicas representadas en un plano, por lo tanto es básica la topografía en la Ingeniería Civil.

Cuando se habla de una OMP (Oficina Municipal de Planificación) ahora DMP (Dirección Municipal de Planificación), se dice que es una unidad técnica unilateral de planificación, supervisión y ejecución, con el propósito de apoyar al gobierno municipal en la coordinación y consolidación de los planes, impulsando proyectos de desarrollo integral del municipio, y su deber es prestar asesoría y asistencia técnica.

A la municipalidad para optimizar los recursos municipales, canalizando las demandas de la población y propiciando su participación organizada y

permanente, velando a su vez por la integridad territorial, preservando el entorno natural, se constituye el soporte técnico administrativo en los procesos de planificación de la inversión pública, a fin de contribuir a mejorar el nivel de vida de los habitantes del municipio.

El enfoque que debe tener una OMP, debe ser el de fortalecer y modernizar el desarrollo urbano y rural de los municipios, logrando que cada comunidad cuente con los servicios básicos, y a la vez planificar y ejecutar proyectos que permitan promover el desarrollo económico.

Hablando del marco legal según Código Municipal

“Artículo 95 Oficina Municipal de planificación. El Concejo Municipal tendrá una Oficina Municipal de Planificación, que coordinará y consolidará los diagnósticos, planes, programas y proyectos de desarrollo del Municipio. La Oficina Municipal de Planificación podrá contar con el apoyo sectorial de los ministerios y secretarías de Estado que integran el Organismo Ejecutivo.

La oficina municipal de planificación es responsable de producir la información precisa y de calidad requerida para la formulación y gestión de las políticas públicas municipales.

El coordinador de la oficina municipal de planificación deberá ser guatemalteco de origen, ciudadano en ejercicio de sus derechos políticos y profesional, o tener experiencia calificada en la materia.

Artículo 96. Atribuciones del coordinador de la oficina municipal de Planificación. Sus atribuciones son:

- Cumplir y ejecutar las decisiones del Concejo Municipal en lo correspondiente a su responsabilidad y atribuciones específicas.
- Elaborar los perfiles, estudios de pre inversión, y factibilidad de los proyectos para el desarrollo del municipio, a partir de las necesidades sentidas y priorizadas.
- Mantener actualizadas las estadísticas socioeconómicas del municipio, incluyendo la información geográfica de ordenamiento territorial y de recursos naturales.
- Mantener actualizado el registro de necesidades identificadas y priorizadas y de los planes, programas y proyectos en sus fases de perfil, factibilidad, negociación y ejecución.
- Mantener un inventario permanente de la infraestructura social y productiva con que cuenta cada centro poblado; así como de la cobertura de los servicios públicos de los que gozan éstos.
- Asesorar al Concejo Municipal y al alcalde en sus relaciones con las entidades de desarrollo públicas y privadas.
- Suministrar la información que le sea requerida por las autoridades municipales u otros interesados con base a los registros existentes.
- Otras actividades relacionadas con el desempeño de su cargo y aquellas que le encomiende el Concejo Municipal o el alcalde.
- Mantener actualizado el catastro municipal”.

Las municipalidades podrán contratar en forma asociativa los servicios de un coordinador de sus oficinas municipales de planificación.

2.3. Marco legal

Proporciona las bases sobre las cuales las instituciones construyen y determinan el alcance y naturaleza de la participación política, en el marco legal regularmente se encuentran en un buen número de provisiones regulatorias y leyes interrelacionadas entre sí.

2.3.1. Registro de Información Catastral (RIC)

Institución gubernamental que tiene como misión establecer, mantener y actualizar el catastro nacional para construir un registro público orientado a la certeza y seguridad jurídica de la propiedad, tenencia y uso de la tierra.

Sin embargo, a pesar de esa autonomía, el objetivo de toda institución catastral, como es dotar de seguridad jurídica a la propiedad inmobiliaria y a sus titulares, en la propia Ley se le exige coordinar con otras instituciones del Estado ligadas a la misma problemática agraria: Registro de la Propiedad Inmueble, Fondo de Tierras, Instituto Geográfico Nacional, Dirección General de Bienes del Estado del Ministerio de Finanzas Públicas.

2.3.2. Ley de Parcelamientos Urbanos

Además de lo normado en el anterior reglamento, deben conocerse a fondo las disposiciones contenidas en las Normas Ley de Parcelamientos Urbanos (Decreto Número 1427). De esta ley, se transcribirá lo correspondiente al capítulo I y II, que son los que tienen relación con el diseño. Sin embargo, es

conveniente para cualquier lotificador leer esta ley y conocerla a profundidad, ya que se relaciona directamente con este trabajo.

El contenido de la misma dice:

“Capítulo I Disposiciones generales Artículo 1.

Parcelamiento urbano, es la división de una o varias fincas, con el fin de formar otras de áreas menores. Tal operación debe ajustarse a las leyes y reglamentos de urbanismo y a los planos reguladores que cada municipalidad ponga en vigor, de conformidad con la automatización de su régimen.

Toda persona individual o colectiva que directa o indirectamente se dedique con ánimo de lucro a efectuar operaciones de las conceptuadas en el artículo anterior, queda obligada a registrarse en la municipalidad cuya jurisdicción corresponda el inmueble que se va a parcelar. Artículo 3.

Las disposiciones de la presente ley son de orden público y de interés social, siendo nulos *ipso jure* los contratos que en todo o en parte las disminuyan, restrinjan o tergiversen.

Capítulo II De los parcelamientos urbanos Artículo 4.

Las personas comprendidas en el artículo 2 de esta ley, deberán solicitar autorización a la municipalidad jurisdiccional, donde se encuentren el o los inmuebles destinados a ser parcelados. A toda solicitud de autorización deberán acompañar lo siguiente:

- Certificación de fecha reciente expedida por el Registro General de la

Propiedad Inmueble correspondiente, haciendo constar la primera y última inscripción de dominio, desmembraciones, gravámenes, anotaciones o inmuebles que se pretenda parcelar.

- Testimonio de la escritura pública que establezca la personería con que actúa el solicitante, en su caso.
- Promesa formal de garantizar la construcción o el pago de las obras de urbanización y demás que establezcan los reglamentos o disposiciones de la municipalidad respectiva.
- Planos del Parcelamiento urbano que contengan la distribución de los lotes, vías públicas o áreas de uso común y de servicios públicos, debidamente acotadas y en curvas de nivel, así como localización del parcelamiento en relación con la cabecera municipal que se trate, marcando las vías de acceso y ajuste a los planos reguladores. Los planos que se presenten deberán ceñirse a las condiciones y requisitos que establezcan los reglamentos o disposiciones de la municipalidad autorizante. Los planos deberán ser certificados por ingeniero colegiado.

Una vez cumplidos los requisitos anteriores, la municipalidad correspondiente acordará la autorización para llevar a cabo el parcelamiento, pero la venta de las fracciones de terreno se sujetará a nueva autorización.
Artículo 5.

Las ventas de fracciones de terreno sólo podrán efectuarse con la previa autorización municipal, y para ello se comprobará antes de entregarlas:

- Que las obras de urbanización que figuren en los planos aprobados al

concederse la autorización para el parcelamiento se han realizado o que por lo menos se han ejecutado los trabajos de introducción de energía eléctrica, agua potable y drenajes para cada lote y pavimento de las calles. En su defecto, deberá prestarse garantía suficiente a juicio de la municipalidad, de su realización o bien contratar con ésta la ejecución de los mismos.

- Que el propietario o gestor del parcelamiento ha fijado el precio de cada parcela de acuerdo con el valor de la totalidad del terreno, los gastos de urbanización, la libre competencia y otros factores que sean aplicables.
- Que se ha efectuado la nueva declaración fiscal del o de los inmuebles que van a ser parcelados con base en la revalorización a que se refiere el inciso anterior, para los efectos fiscales y catastrales.
- Que han sido satisfechos todos los demás requisitos que establezcan los reglamentos municipales respectivos. Todos los trabajos a que alude el inciso a) deberán realizarse de conformidad con las exigencias municipales para la zona en que esté ubicado y el tipo de parcelamiento que se trate. Artículo 6.

La municipalidad que corresponda procederá de oficio a solicitar la inscripción en los registros correspondientes de las áreas que se hayan traspasado a la misma para uso común y servicios públicos, de conformidad con los reglamentos de la materia y a solicitar en igual forma la cancelación de los registros fiscales, y a cancelar de oficio los registros que se refieran al pago de tributos municipales”.

2.4. Importancia de bitácoras de trabajo a realizar a la hora del desarrollo de un levantamiento topográfico

La bitácora, es un instrumento técnico de control que va a ser útil durante el desarrollo de los servicios topográficos que se estén prestando, regulando y controlando la ejecución de los mismos. En ella deben registrarse los asuntos relevantes que se presenten, considerando los acontecimientos que resulten diferentes a los establecidos en el día de trabajo, así como dar fé del cumplimiento de eventos significativos en tiempo o situaciones ajenas a la realización de los mismos.

La bitácora puede servir para evitar los problemas relacionados con registros insuficientes e incluso ausencia de la misma, ya que repercuten finalmente en la recepción de la obra y en el cierre del contrato.

Para enfrentar esta problemática con una posición y actitud de prevención, se ha considerado importante mostrar la relevancia y el significado de la bitácora y establecer los criterios a aplicar en su elaboración.

Su relevancia está inscrita en la diferencia que exista entre una solución ágil, transparente e incontrovertida y un proceso de alegatos infructuosos que se pudieran dar durante la realización de los trabajos topográficos.

Su significado se enfatiza en el hecho de que constituye un instrumento legal de apoyo y respaldo de cualquier diferencia relacionada con lo establecido en algún contrato.

2.5. Forma adecuada de llevar el control de una libreta topográfica

Es la libreta que sirve para anotar todas las medidas, orientaciones, desniveles y demás datos topográficos, directamente en el campo, esta cuenta con renglones y una cuadrícula.

Se recomienda que estas libretas topográficas sean manejadas por las personas de confianza y de preferencia sacar copias regularmente para evitar la pérdida de datos, lo cual puede conllevar a días o semanas de trabajo perdidas si se diera el caso de extravío.

No es lo mismo una libreta de planimetría que una altimétrica; a continuación se ejemplifican las diferentes libretas utilizadas en campo así como el contenido del mismo para su posterior llenado.

Tabla I. **Libreta topográfica utilizada para planimetría**

EST	PO	AZIMUT			DH	DESCRIPCION
		GRAD	MIN	SEC	(m)	
	1					EST
1=BM	2	189	33	0	18,2370	BM
	1,01	0	39	35	61,2995	N,L
	1,02	357	19	10	47,5978	N,L

Fuente: elaboración propia basada en proyecto ciclovía USAC.

Donde:

BM: Banco de Marca

V: Vértice

N,L: Nivel de línea

P: Poste

R: Radiación

LC: Línea Central

P,R: Perímetro y Radio

Tabla II. **Libreta topográfica utilizada para altimetría**

EST	(+)	HI	(-)	PV	COTA	OBS
BM	1,290	101,290			100,000	O. CARRET
0+80			2,180		99,110	EJE
PV01	0,497	98,005		3,782	97,508	PV

Fuente: elaboración propia basada en proyecto ciclovía USAC.

2.6. Necesidad y objeto de la Geodesia

La geodesia se deriva del griego *geo* que significa tierra y *daio* que significa dividir. La geodesia es una ciencia que se encarga por los medios matemáticos, la forma y las dimensiones de la tierra como objetos de estudio y puntos distribuidos por toda la tierra que se llaman puntos geodésicos y que forman parte de la tierra. La geodesia estudia la forma y dimensiones de la tierra, considerándola en su totalidad. Se ocupa principalmente de su medida, para este fin se apoya en la tecnología actual.

La diferencia entre ambas ciencias, es que la topografía es un conjunto de posiciones que se utilizan para determinar posiciones de puntos, sobre la superficie de la tierra por medio de medidas, según los tres elementos del espacio que son: largo, ancho y alto. Mientras que la geodesia se dedica a dividir geoméricamente la tierra y determinar formas y dimensiones, dependiendo de lo que se vaya a estudiar.

La topografía opera sobre porciones pequeñas de terreno, no teniendo en cuenta la verdadera forma de La Tierra, sino considerando la superficie terrestre como un plano.

El error cometido con esta hipótesis es despreciable, cuando se trata de extensiones que no sean excesivamente grandes, si se considera un arco en la superficie terrestre de 18 kilómetros de longitud, es tan sólo 1,5 centímetros más largo que la cuerda subtendida, y que sólo se comete un error de 1 pulgada de exceso esférico en un triángulo que tenga un área de 190 kilómetros cuadrados.

Cuando se trata de medir grandes extensiones de tierra, como por ejemplo, para confeccionar la carta de un país, un estado o de una ciudad grande, no se puede aceptar la aproximación que da la topografía, teniéndose entonces que considerar la verdadera forma de La Tierra y por consiguiente su superficie ya no se considera un plano sino se toma como parte de la superficie de un elipsoide y se tendrá que acudir a la Geodesia.

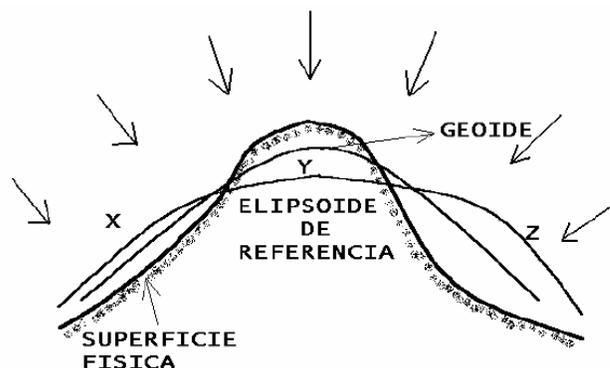
El objetivo de la Geodesia es suministrar, con sus teorías y sus resultados de mediciones y cálculos, la referencia geométrica para las demás geociencias como también para la geomántica, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), el catastro, la planificación, la Ingeniería Civil, etc.

Además de las disciplinas de la geodesia, existe una serie de disciplinas técnicas que tratan problemas de la organización, administración pública o aplicación de mediciones geodésicas, p.e., la cartografía sistemática, el catastro inmobiliario, el saneamiento rural, las mediciones de Ingeniería Civil y el geoprocésamiento.

La superficie del geoide coincide aproximadamente con la de las aguas oceánicas, supuestas tranquilas y prolongadas imaginariamente por debajo de los continentes y considerando nula la influencia de la atracción de la luna, el sol, corrientes marinas, etc.

Como la dirección de la plomada está influida por la irregular repartición de las masas en el interior de la tierra y la superficie del geoide es en todos sus puntos normal a esta, se comprende que vendrá afectada de las mismas irregularidades y por consiguiente presentara ondulaciones como indica la figura 3.

Figura 3. **Superficies de la tierra**



Fuente: SANTAMARÍA PEÑA, Jacinto. Manual de prácticas de topografía y cartografía. p. 35.

2.7. Topografía y agrimensura

La agrimensura fue considerada antiguamente la rama de la topografía destinada a la delimitación de superficies, la medición de áreas y la rectificación de límites, en la actualidad la comunidad científica internacional reconoce que es una disciplina autónoma, con estatuto propio y lenguaje específico que estudia los objetos territoriales a toda escala, focalizándose en la fijación de toda clase de límites. De este modo produce documentos cartográficos e infraestructura virtual para establecer planos, cartas y mapas, dando publicidad a los límites de la propiedad o gubernamentales.

Con el fin de cumplir su objetivo, la agrimensura se nutre de la topografía, geometría, ingeniería, trigonometría, matemáticas, física, derecho, geomorfología, edafología, arquitectura, historia, computación, teledetección.

La agrimensura estudia la medición y división de superficies de terrenos.

Superficies

Las superficies encerradas dentro de los polígonos pueden calcularse:

- Por triangulación del polígono
- Por coordenadas
- Mecánicamente (con planímetro)

El procedimiento de triangular el polígono sólo se emplea para trabajos de dimensiones reducidas y donde se pueden medir las diagonales y formar los triángulos, como en los levantamientos con cinta exclusivamente.

Por coordenadas: este es el método más empleado. La fórmula general se obtiene formando con cada lado, cuyas bases son las (x) de los vértices y

sus alturas las diferencias de (y) en cada uno; así se obtendrá la fórmula aunque podría igualmente hacerse con las (y) como bases y la diferencia de (x) como la altura.

El sistema llamado dobles distancias meridianas, (DDM), es en esencia lo mismo que el de coordenadas.

Tomando el eje (y) como meridiano, la (x) de cada vértice será su distancia al meridiano, y la superficie de un trapecio formado por un lado será:

sup. = $1/2$ (dist. de un extremo + dist. del otro extremo) proy. y del lado.

El término entre paréntesis es la DDM del lado.

Este sistema es adecuado para emplearlo con máquina calculadora, al ir calculando en orden las DDM, no hay que borrar en la máquina, pues la DDM del lado anterior sirve para calcular la siguiente, ya que la DDM de un lado = (DDM del lado anterior) - (x del vértice anterior) + (x del vértice siguiente).

Finalmente, tabulando las DDM, la suma de sus productos por la proyección en Y de cada lado da el doble de la superficie del polígono. El signo de los productos, que se separan en dos columnas, lo da el signo de la proyección en Y.

2.8. Desmembración

Se llama así a la operación que tiene como objetivo dividir una propiedad en dos o más parcelas con magnitudes y formas requeridas para el diseño a desmembrar, además estas se hacen precisiones preestablecidas.

Este tipo de problemas no es más que un resumen del dominio del tema anterior pues conociendo las coordenadas y aplicando las fórmulas básicas de trigonometría se pueden encontrar las coordenadas de un punto buscado. En hallar la distancia, el rumbo y verificar el área por coordenadas se resume la unidad.

Los problemas que se presentan en las desmembraciones son variadas y numerosos, que es imposible estudiar una a una, por lo que se pueden considerar los casos más frecuentes a continuación.

- Desmembraciones a partir de un punto obligado en uno de los lados del polígono.
- Desmembraciones a partir de una recta de dirección dada.
- Desmembraciones a partir de una recta paralela a una recta que pasa por dos puntos obligados.
- Desmembraciones a partir de una recta paralela a uno de los lados del polígono.

2.9. Rectificación de áreas

Estos levantamientos tienen por objeto marcar o localizar linderos, medianías o límites de propiedades, medir y dividir superficies, ubicar terrenos en planos generales ligando con levantamientos anteriores o proyectar obras y construcciones. Las principales operaciones son:

- Definición de itinerario y medición de poligonales por los linderos

existentes para hallar su longitud y orientación o dirección.

- Replanteo de linderos desaparecidos partiendo de datos anteriores sobre longitud y orientación valiéndose de toda la información posible y disponible.
- División de fincas en parcelas de forma y características determinadas, operación que se conoce con el nombre de particiones.
- Amojonamiento de linderos para garantizar su posición y permanencia.
- Referencia de mojones, ligados posicionalmente a señales permanentes en el terreno.
- Cálculo de áreas, distancias y direcciones, que es en esencia el resultado de los trabajos de agrimensura.
- Representación gráfica del levantamiento, mediante la confección o dibujo de planos.
- Soporte de las actas de los deslindes practicados.

2.10. Coordenadas geográficas

Ya que el planeta Tierra es un cuerpo que posee una rotación alrededor de su eje, resulta obvio usar su eje de rotación como *datum* para definir su geometría. Este eje intersecta la superficie del globo en dos puntos, los cuales son los polos de un gran círculo primario, cuyo plano es perpendicular al eje. El gran círculo primario es el ecuador y sus polos geográficos son el polo norte y el

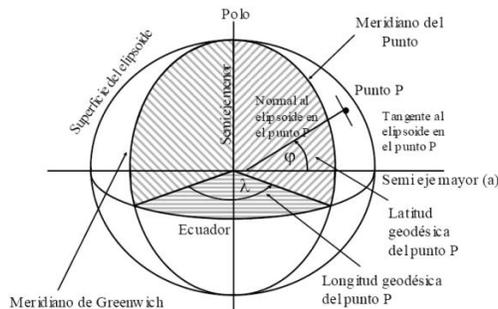
polo sur. Los círculos secundarios al ecuador están conformados por dos semicírculos, uno de los cuales recibe el nombre de meridiano, y su complementario el de antimeridiano.

Para medir distancias sobre la superficie de la esfera, se utiliza un sistema de coordenadas polares tridimensionales cuyo origen se encuentra en el centro de la esfera.

Sobre el elipsoide se define un sistema de coordenadas para establecer la posición de un punto sobre la superficie terrestre. La situación de un punto sobre el elipsoide terrestre queda determinada por la intersección de un meridiano y un paralelo, constituyendo sus coordenadas geográficas longitud y latitud.

- Meridianos: secciones elípticas producidas por la intersección del elipsoide por cualquier plano que contiene el eje de revolución de La Tierra.
- Paralelos: secciones circulares producidas por la intersección del elipsoide con planos perpendiculares al eje de revolución.
- Latitud (φ): valor angular que forma el plano del ecuador con la normal del elipsoide en el punto considerado. Los polos norte y sur tienen latitud 90 grados N y 90 grados S respectivamente.
- Longitud (λ): valor angular entre dos planos meridianos (*Greenwich*). Las longitudes se miden de 0 a 180 grados a uno y otro lado del meridiano origen, añadiendo la denominación este o positiva u oeste o negativa, según se cuente en uno u otro sentido.

Figura 4. **Coordenada geográfica**

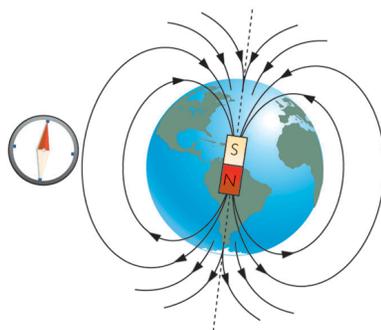


Fuente: SANZ MÉNDEZ, Teófilo. Topografía aplicada. p. 45.

2.11. **Campo magnético terrestre**

El planeta Tierra está rodeado por un campo magnético, cuyo origen es aún discutido. Se cree que se origina en las corrientes de la región ígnea de la Tierra, como consecuencia del movimiento de partículas cargadas eléctricamente, o probablemente son las corrientes de convección que se originan por el calor del núcleo. Quizás el campo magnético terrestre sea el producto de la combinación de las corrientes de convección con los efectos de la rotación terrestre.

Figura 5. **Campo magnético terrestre**



Fuente: FRANCO REY, Jorge. Topografía y geodesia. p. 47.

Sea cual sea su origen, el campo magnético de la Tierra ha tenido una importancia en la topografía, ya que hace que el planeta se comporte como un gran imán, cuyo polo sur se encuentra al norte del planeta y, por lo tanto, que el polo norte de una aguja imantada (brújula) señale desde cualquier parte hacia el norte magnético de la Tierra, brindando una línea más o menos estable para tomar como referencia. Esa línea va a estar determinada por el punto desde el que se esté realizando la observación (estación) y el polo norte magnético.

Los polos magnéticos se definen como el punto en la superficie de la Tierra donde las líneas del campo magnético son perpendiculares a la superficie terrestre. La mayoría de brújulas señalan el polo norte magnético, que actualmente se ubica sobre territorio canadiense, cerca de 1 800 kilómetros al sur del polo norte geográfico.

El campo magnético de la Tierra está sujeto a variaciones seculares (a lo largo de las eras geológicas), anuales, e incluso diarias (también se producen inversiones magnéticas que consisten en cambio diametral de la posición de los polos magnéticos); razón por la cual en la actualidad no se utiliza extensamente la norte magnética como referencia en levantamientos de precisión.

2.12. Polos magnéticos

La Tierra es como un imán gigantesco, por lo cual posee dos polos uno positivo y otro negativo. El eje magnético de la tierra viene dado por estos dos polos magnéticos, está un poco desviado respecto al eje geográfico, y gira alrededor de éste describiendo un pequeño cono. Existen meridianos y paralelos magnéticos.

2.13. Ángulos

En topografía, el ángulo formado por dos líneas rectas trazadas sobre el suelo se mide horizontalmente y se llama ángulo horizontal, las líneas trazadas sobre el suelo se pueden reemplazar con *dos* líneas visuales.

2.13.1. Inclinación

Es el ángulo diedro formado por el plano meridiano magnético y el geográfico que pasan por dicho punto.

Ángulo diedro, es el ángulo formado por dos planos, se mide trazando un plano perpendicular a la recta de intersección entre ambos.

Las declinaciones se miden tomando como origen el N geográfico y en los dos sentidos E y W. Cuando el N magnético está al este del N geográfico se dice que la declinación es oriental, y occidental en el caso contrario.

Hay infinitas declinaciones que varían para un mismo lugar en el transcurso del tiempo (anuales, seculares). La variación más importante es la diaria, que se produce del siguiente modo: antes del mediodía es oriental, mientras que después es occidental.

2.13.2. Declinación

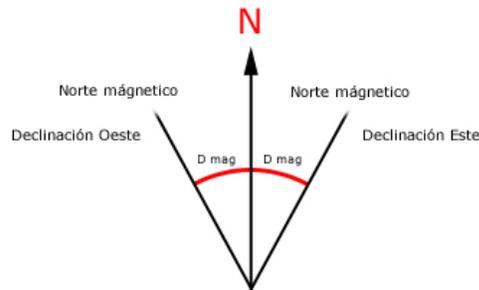
Es el ángulo formado por la desviación de la aguja de la brújula (que siempre apunta al polo norte magnético), con respecto al polo norte geográfico.

Dicho de otro modo, es el ángulo que forma la meridiana geográfica y la meridiana magnética respecto del punto de ubicación.

La forma más rudimentaria que se puede utilizar es:

Si se clava una estaca en el suelo simulando un reloj de sol, formando un ángulo de 90 grados, la sombra más corta que proyecte será la que indique el norte geográfico. Si se consulta la brújula y se señala el norte magnético, se obtendrá un nuevo ángulo.

Figura 6. **Declinación magnética**



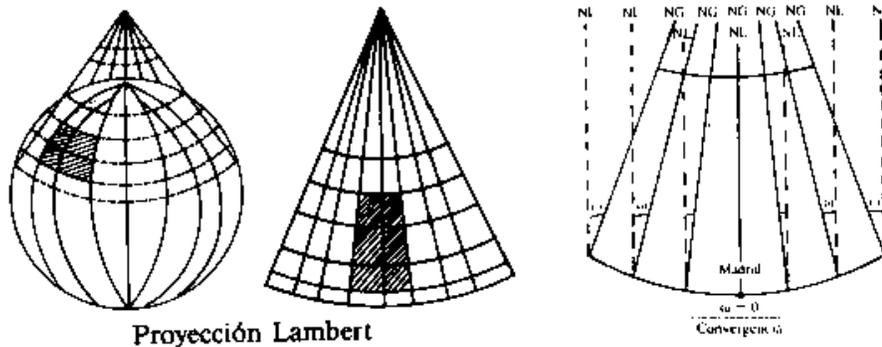
Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Procedimientos topográficos. p. 44.

2.13.3. **Convergencia**

Es el ángulo que forma la meridiana geográfica y la meridiana Lambert.

Lambert, es la representación plana cónica que conforma directa de la superficie de una esfera o elipsoide, introducida por Lambert en 1772, se basa en un desarrollo cónico efectuado a lo largo de un paralelo central de la superficie modelo.

Figura 7. **Convergencia**



Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Procedimientos topográficos. p. 44.

2.14. **Sistemas de medidas**

Se denomina medir una magnitud al resultado de compararla con otra de su misma especie, que se toma por unidad. Todas las operaciones topográficas se reducen, en último extremo, a la medida de ángulos y distancias, por lo tanto, las magnitudes que han de medirse en topografía son las lineales, las superficiales, las volumétricas y las angulares.

2.14.1. **Sistema métrico**

Es un sistema de unidades, en el cual los múltiplos y submúltiplos de una unidad de medida están relacionadas entre sí por múltiplos o submúltiplos de 10 (en las unidades de longitud, capacidad y masa), de 100 (en las de superficie) o de 1 000 (en las de volumen).

El sistema métrico decimal se utiliza para medir las siguientes magnitudes:

- Longitud: para medir la distancia existente entre dos puntos. La unidad básica es el metro.
- Capacidad: para medir la cantidad de contenido líquido de un recipiente. La unidad básica es el litro.
- Masa: para medir la cantidad de materia de un cuerpo determinado (calcular su peso). La unidad básica es el gramo.
- Superficie: para medir magnitudes de dos dimensiones. La unidad básica es el metro cuadrado.
- Volumen: para medir magnitudes de tres dimensiones. La unidad básica es el decímetro cúbico.

2.14.2. Sistema inglés

Al sistema de medición inglés de unidades se lo conoce también con el nombre de sistema imperial. Se trata de la unión de todas las unidades no métricas que en la actualidad son empleadas en Estados Unidos y otros países que tienen como idioma principal el inglés, como el caso, por supuesto, de Inglaterra.

Sin embargo, entre ambos países existe una serie de diferencias en las unidades, así como también existen numerosas discrepancias entre los sistemas que se emplean en la actualidad con los que se utilizaban en otras épocas. En cuanto a las características generales de este sistema de medición inglés se puede mencionar que tiene como origen la evolución que se produjo de todas las unidades locales que con el correr del tiempo se fueron perfeccionando.

Asimismo, el sistema es un derivado del conjunto de aproximaciones que se han venido haciendo en Inglaterra, en especial en cuanto a la estandarización de los métodos y las técnicas. Pero como origen o influencia absoluta de estos sistemas se tienen que mencionar a las unidades que se utilizaban en la Roma antigua.

Superficie: la medida de superficie era el *actus* o *acta* geodésica (equivalente al trabajo de medio día) y el *jugerum* (de *jugum* = *yunta* o *yugo*, que equivalía al trabajo de un día completo). Un *actus* era equivalente a 120 pies cuadrados. Aunque teóricamente medidas de superficie, eran más bien medidas de trabajo.

Longitud: inicialmente la medida de longitud era el pie dividido en doce partes, más tarde por influencia griega, se cambiaron la unidades (persistiendo solo las de superficie) y el pie romano que era $\frac{24}{25}$ partes del griego, fue igualado a este. El pie siguió dividido en doce partes, pero también se introdujo la división en cuatro partes (*palms*), y en dieciséis dedos (*digitus*).

Peso: la medida era la libra dividida en doce partes, denominadas onza, la onza a su vez, se dividía en 24 *escrupulos*.

Los pesos se pusieron también en concordancia con los griegos y cuatro libras romanas pasaron a valer tres *minas áticas*.

Capacidades: las medidas de los cuerpos fueron tomadas del griego:

- *Modius* (1 *modius* = 8,754 litros)
- *Semodii* (0,5 *modius* o 4,377 litros)
- *Congius* (3 *congius* = 1 *modius*)

- *Hemina* (igual a medio *sextarius*, o sea 32 *hemina* = 1 *modius*; o 1 *hemina* = 0,274 litros)
- *Acetabalum* (un cuarto de *hemina* o sea 128 *acetabalum* = 1 *modius* o 1 *acetabalum* = 0,068 litros)
- *Cyathus* (192 *cyathus* = 1 *modius*)
- Se mantuvieron el *quartarii* (64 *quartarii* = 1 *modius*; o 1 *quartarii* = 0,137 litros) y el *sextarius* (16 *sextarius* = 1 *modius* o 1 *sextarius* = 0,547 litros)
- El *congius*, el *sextarius*, y el *cyathus* eran medidas de líquidos, y las dos últimas servían también para los sólidos

3. INSTRUMENTOS E IMPLEMENTOS DE TRABAJO

3.1. Elementos complementarios en levantamientos topográficos

Existen elementos que pueden considerarse como accesorios en la topografía, y aunque hay una gran diversidad de instrumentos topográficos, la mayoría de ellos pueden decirse que son instrumentos complementarios que ayudan a la realización de un levantamiento topográfico.

3.1.1. Clinómetro

Instrumento que sirve para medir la pendiente de un terreno, instrumento topográfico para medir ángulos verticales o para trazar sobre el terreno rectas de pendiente determinada.

Figura 8. Clinómetro



Fuente: NAVARRO HUDIEL, Sergio. Manual de topografía y planimetría. p. 50.

3.1.2. Cintas

Las cintas métricas se hacen de distintos materiales, con la longitud y pesos muy variables. Se emplea para hacer medidas en el campo, de distancias horizontales. En la topografía la más común es la de acero y mide de 50 a 100 metros.

Estas cintas métricas se hacen de muy distintos materiales con longitud y pesos muy variables. Las más empleadas en los levantamientos topográficos son las de acero y las inapropiadamente o poco recomendables son las llamadas cintas metálicas. La cadena se encuentra ya en desuso.

La cinta metálica se compone de un tejido impermeable que lleva entrelazados hilos de latón o de bronce para evitar su dilatación al utilizarla. Los tamaños más corrientes son de 15 y 30 metros, divididas en decímetros y centímetros; su anchura normal es de 1,5 centímetros. Estas cintas se emplean generalmente para medir longitudes en perfiles transversales, en la situación de detalles y en toda medición en que convenga disponer de una cinta flexible y ligera cuyos errores en longitud no tengan gran trascendencia.

La cinta de acero se emplea usualmente para la medición directa de distancias e todos los itinerarios importantes de un levantamiento. La longitud más corriente de estas cintas suele ser 30 metros, pero también las hay de 15, 25, 50 y 100 metros. La anchura normal de la cinta está comprendida entre 5 y 8 milímetros. Las cintas de mayor longitud suelen ser más estrechas.

Debido a la elasticidad del acero, estas cintas dan de sí cuando se someten a una fuerte tensión; también se dilatan y se contraen con los cambios de temperatura; por eso los fabricantes expenden las cintas con longitud a una

temperatura y tensión dada. A esto conviene tener un patrón de medida para comprobar de vez en cuando la longitud de la cinta.

Figura 9. **Cinta**



Fuente: FRANCO REY, Jorge. Topografía y geodesia. p. 56.

3.1.3. **Plomadas**

Es una pesa de bronce que pesa entre 250 y 450 gramos con una punta recambiable de una aleación de acero muy resistente, que pende de una cuerda muy fina; sirve para marcar la proyección horizontal de un punto situado a cierta altura sobre el suelo.

Figura 10. **Plomadas**



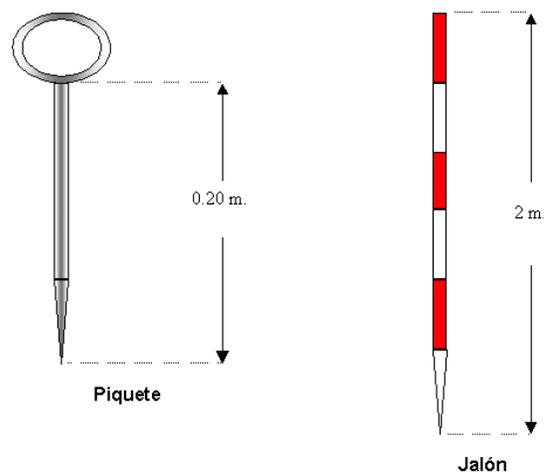
Fuente: AYUSO JAUREGUI, Luis. Introducción a la topografía. p. 56.

3.1.4. Jalones

Los jalones se utilizan para marcar puntos fijos en el levantamiento de planos topográficos, para trazar alineaciones, para determinar las bases y para marcar puntos particulares sobre el terreno. Normalmente, son un medio auxiliar al teodolito, brújula, sextante u otros instrumentos de medición electrónicos como la estación total. También son usados en la arqueología.

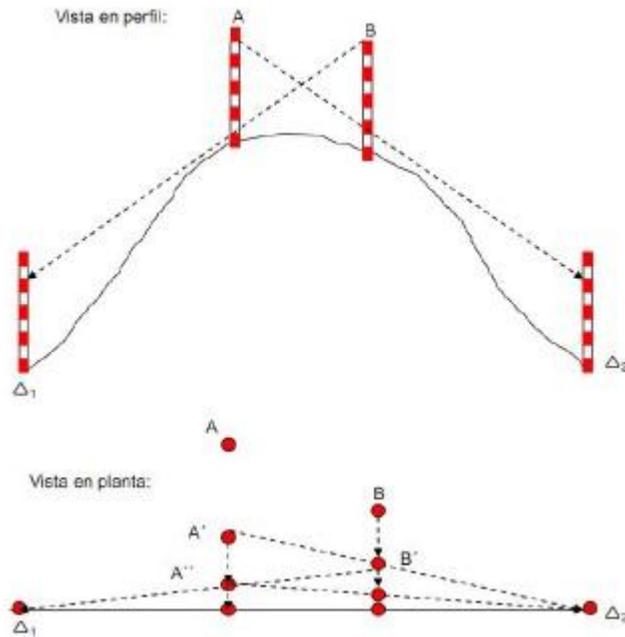
Con o sin banderola, son unas barras, de hierro, madera o fibra de vidrio, de sección circular u ortogonal, terminadas en punta por uno de sus extremos, que sirven para señalar la posición de puntos en el terreno o la dirección de las alineaciones. Los jalones de madera o de fibra llevan un zuncho de hierro en uno de sus extremos. La longitud normal de los jalones es de 2,5 metros. Generalmente, los jalones están pintados a trozos alternados blancos y rojos, de 30 centímetros cada uno.

Figura 11. Jalones



Fuente: PEÑA, Santamaría; MÉNDEZ, Sanz. Manual de topografía. p. 56.

Figura 12. Manejo de jalones



Fuente: PEÑA, Santamaría; MÉNDEZ, Sanz. Manual de topografía. p. 56.

3.1.5. Brújula

Se emplea para levantamientos secundarios, reconocimientos preliminares, para tomar radiaciones en trabajos de configuraciones, para polígonos apoyados en otros levantamientos más precisos, etc.

No debe emplearse la brújula en zonas donde quede sujeta a atracciones locales (poblaciones, líneas de transmisión eléctrica, etc.).

El mejor procedimiento consiste en medir, en todos y cada uno de los vértices, rumbos directos e inversos de los lados que allí concurren, así por

diferencia de rumbos se calcula en cada punto el valor de ángulo interior, correctamente, aunque haya alguna atracción local. Con esto se logran obtener los ángulos interiores de polígono, verdaderos a pesar de que haya atracciones locales, en caso de existir, sólo producen desorientación de las líneas. El procedimiento usual es:

- Se miden rumbos hacia atrás y hacia delante en cada vértice. (rumbos observados).
- A partir de éstos, se calculan los ángulos interiores, por diferencia de rumbos, en cada vértice.
- Se escoge un rumbo base (que pueda ser el de un lado cuyos rumbos directos e inverso hayan coincidido mejor).
- A partir del rumbo base, con los ángulos interiores calculados se calculan nuevos rumbos para todos los lados, que serán los rumbos calculados.

Figura 13. **Brújula**



Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Procedimientos topográficos. p. 60.

3.1.6. Calculadora

Es un instrumento indispensable a la hora de realizar un trabajo topográfico, aunque las calculadoras modernas incorporan a menudo operaciones científicas que son utilizadas para un propósito general, se diseñan para realizar ciertas operaciones más que para ser flexibles, En topografía es indispensable la utilización de esta herramienta ya que a menudo se necesitan hacer cálculos angulares, los cuales por la falta de costumbre no siempre se resuelven de manera inmediata, por lo cual se hace indispensable para la agilización de los cálculos y exactitud de los mismos.

Figura 14. Calculadora



Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Procedimientos topográficos. p. 62.

3.1.7. Computadora

Los trabajos realizados en el levantamiento topográfico se complementan con la digitalización de datos obtenidos en el mismo, es importante que la persona encargada en la digitación de los datos haya estado en campo realizando el levantamiento topográfico ya que es importante que a la hora de estar digitando las libretas tenga pleno conocimiento de a que corresponde

cada uno de los valores que está ingresando en la libreta ya que de eso depende que el ploteo de los mismos correspondan al trabajo previamente realizado.

Figura 15. **Computadora**



Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Procedimientos topográficos. p. 55.

3.1.8. GPS

El significado de las siglas en inglés GPS (Global Positioning System), es Sistema de Posicionamiento Global, y no es ni más ni menos que eso: un sistema de referencia universal para las coordenadas espaciales de cualquier punto.

Hasta hace algunos años, cuando se habla de GPS, sólo se podía denominarla como la herramienta del futuro. Hoy en día los avances tecnológicos en este campo han conseguido que se pueda denominarla la herramienta del presente.

El sistema de posicionamiento global (Global Positioning System), cuenta con 2 tipos:

Navegadores GPS

Estos son más para fines recreativos y aplicaciones que no requieren gran precisión, consta de un dispositivo que cabe en la palma de la mano, tienen la antena integrada, su precisión puede ser de menor a 15 metros, pero si incorpora el sistema WAAS puede ser de menor a 3 metros.

GPS topográficos

Estos equipos tienen precisiones desde varios milímetros hasta menos de medio metro.

Existen GPS de una banda (L1) y de dos bandas (L1, L2), la diferencia es que para los GPS de una banda se garantiza la precisión milimétrica para distancias menores a 40 kilómetros entre antenas, en los GPS de dos bandas es de hasta 300 kilómetros, si bien se pueden realizar mediciones a distancias mayores, ya no se garantiza la precisión de las lecturas.

Los GPS topográficos requieren dos antenas, ya sea que el usuario tenga las dos, o que solo tenga una y compre los datos a una institución como el INEGI o Omnistar (DGPS). Se dice entonces que se está trabajando en modo diferencial.

La diferencia en precio de un GPS de una banda contra uno de dos bandas puede ser muy grande, y lo es más cuando los GPS de dos bandas incorporan la función RTK (*Real Time Kinematic*). La forma de trabajar con equipos que no incorporan la función RTK es: trasladar los equipos a campo, se hacen las lecturas, pero es solo hasta que se regresa a gabinete que se obtienen las mediciones, con un sistema RTK, los datos se obtienen

directamente en campo y el alto precio de estos equipos es por que incorporan una computadora, y un sistema de radio comunicación entre las dos antenas.

El GPS no reemplaza a la estación total, en la mayoría de los casos se complementan. Es en levantamientos de gran extensión donde el GPS resulta particularmente práctico, ya que no requiere una línea de vista entre una antena y otra, además de tener el GPS la gran limitante de trabajar solo en espacios con vista al cielo, siendo un poco problemático incluso cuando la vegetación es alta y densa, pero por ejemplo una selva o bosque se abre un claro de unos 5 metros y se hace la medición con la antena, en lugar de abrir una brecha para tener visual entre la estación total y el prisma.

Así mismo, es común hacer el levantamiento de dos puntos con GPS (línea de control) y posteriormente usar la estación y en lugar de introducir coordenadas arbitrarias introducimos coordenadas geográficas, y todo lo que se levante con la estación estará geo referenciado.

GPS (*navstar*): desarrollado por la fuerza aérea norte americana con fines militares, pero liberada para uso público.

WAAS.- Wide Area Augmentation System: sistema para mejorar la precisión del sistema GPS, funciona solo para Estados Unidos, Alaska, Canadá y ahora también en México.

EGNOS: el equivalente del sistema *waas*, pero solo para Europa.

SBAS: a los sistemas como WAAS y Egnos se conocen como sistemas SBAS.

GLONASS: sistema militar de satélites Ruso.

GALILEO: sistema de satélites de la comunidad Europea para intereses no militares o de iniciativa privada (entra en operación hasta 2010).

Durante la última década el sistema de posicionamiento global (GPS), ha sido el avance tecnológico más importante en el mundo de la topografía, pasando de ser un sistema relegado a la geodesia a convertirse en una potentísima herramienta para trabajos topográficos y cartográficos.

Figura 16. **GPS**



Fuente: ALCÁNTARA GARCÍA, Dante. Curso básico de topografía. p. 61.

3.1.9. Otros elementos

En topografía se tiene que tener en cuenta que no siempre los elementos más comunes para un levantamiento son suficientes para realizar el trabajo, existe una serie de herramientas que son imprescindibles en los trabajos

realizados en topografía, estos elementos se convierten en parte indispensable en la realización de levantamientos topográficos.

Existe una serie de herramientas que van de la mano para la realización de un proyecto, entre ellas se pueden mencionar clavos, tachuelas, mazo, pintura, pinceles, estacas, machete, cincel, etc. Estos elementos si bien no fueron fabricados con este fin específico, se vuelven necesarios para realizar los trabajos en campo.

3.2. Trípodes

Son soportes con 3 pies de madera o metálicos, con patas extensibles o telescópicas que terminan en regatones de hierro con estribos para pisar y clavar en el terreno. Deben ser estables y permitir que el aparato quede a la altura de la vista del operador 1,40 – 1,50 metros. Son útiles también para aproximar la nivelación del aparato.

3.2.1. Trípode de madera

Trípode de madera pesado, diseñado especialmente para teodolitos y estaciones totales, también está recomendado para ser utilizado con niveles en aquellas faenas donde exista alto tráfico de vehículos o vientos muy intensos que afecten la estabilidad del terreno, el trípode de madera es un instrumento que tiene la particularidad de soportar un equipo de medición como un taquímetro o nivel, su manejo es sencillo, consta de tres patas, las que son regulables para así poder tener un mejor manejo para subir o bajar las patas que se encuentran fijadas en el terreno. El plato consta de un tornillo el cual fija el equipo que se va a utilizar para hacer las mediciones.

El tipo de trípode común tiene las siguientes características:

- Patas de madera que incluye cinta para llevarlo en el hombro.
- Diámetro de la cabeza: 158 milímetros.
- Altura de 1,05 metros. extensible a 1,7 metros.
- Peso: 6,5 Kilogramos.

Figura 17. **Trípode de madera**



Fuente: GARCÍA MÁRQUEZ, Fernando. Topografía simple. p. 65.

3.2.2. Trípode de aluminio

El trípode de aluminio, es fuerte y liviano se recomienda para teodolitos y niveles, preferido por los profesionales que tienen faenas en climas de alta humedad, Los trípodes de aluminio modernos llevan, para fijar el trípode al aparato, una guía metálica sujeta a la parte inferior del plato por uno de sus extremos, alrededor del cual puede girar, de modo que pase a través del amplio orificio circular del plato, un tornillo de unión que puede deslizarse en la guía a

modo de carril, ambos movimientos, el giratorio del carril y el deslizamiento del tomillo de unión permiten a éste ocupar cualquier posición en la abertura circular del aparato.

Figura 18. **Trípode de aluminio**



Fuente: GARCÍA MÁRQUEZ, Fernando. Topografía simple. p. 67.

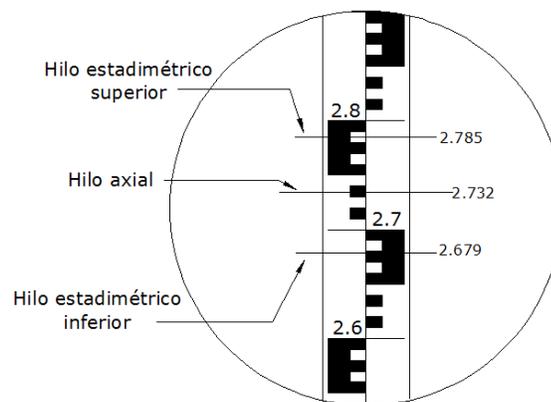
3.3. Estadales

Se puede describir como una regla de cuatro metros de largo, graduada en centímetros y que se pliega en la mitad para mayor comodidad en el transporte. Además de esto, el estadal consta de una burbuja que se usa para asegurar la verticalidad de ésta en los puntos del terreno donde se desea efectuar mediciones, lo que es trascendental para la exactitud en las medidas.

3.3.1. Estadal de madera

No es más que una regla de campo que consiste en una regla vertical graduada, utilizada en taquimetría y nivelación para medida de distancia y cálculo de altura (desniveles), las miras utilizadas en taquimetría suelen llevar la división en centímetros, las miras usadas en nivelación suelen ir divididas en milímetro o 2 milímetros.

Figura 19. **Estadal**

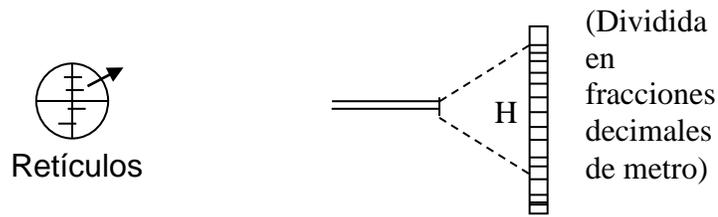


Fuente: GARCÍA MÁRQUEZ, Fernando. Topografía simple. p. 69.

3.3.2. Estadal de aluminio

Es un instrumento el cual se utiliza para aplicar un método rápido y cómodo para la determinación de distancias.

El aparato utilizado para este fin se llama tránsito o teodolito.



La distancia entre el instrumento y el punto, viene dado por la parte de la mira comprendida entre los dos hilos estadimétricos.

3.4. Teodolitos mecánicos

Es un instrumento de medición mecánico óptico universal, que sirve para medir ángulos verticales, sobre todo horizontales, sirve para realizar levantamientos topográficos en campo, alineamientos verticales y horizontales puntuales en la Ingeniería Mecánica tomando como base un punto de un cuadrante. La lectura de datos se extrae de forma manual a la libreta de campo, a través de un transportador de 360 grados que se encuentra dentro de ella; la lectura de distancias se hace a través de una mira de madera centimetrada.

Figura 20. Teodolito mecánico



Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Procedimientos topográficos. p. 13.

3.5. Teodolitos mecánicos digitales

Llamado también taquímetro electrónico, es la versión de teodolito mecánico con la incorporación de una pantalla electrónica, la cual sirve para presenciar principalmente la lectura de ángulos verticales y horizontales, para luego copiarlos en la libreta, se añade también la luz de pantalla, así como el porcentaje de pendiente en replanteo de carreteras.

La lectura de distancia sigue siendo de forma manual con la mira de madera, en este caso ya milimetrada. Despejando la lectura en una pantalla hace posible tener menos errores de lectura angular.

Figura 21. **Teodolito mecánico digital**



Fuente: NAVARRO HUDIEL, Sergio. Manual de topografía. p. 72.

3.6. Estaciones totales

Se denomina estación total a un aparato electrónico óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica, consiste

en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

3.6.1. Componentes básicos

La estación total, es un instrumento topográfico de última generación, que integra en un solo equipo medición electrónica de distancias y ángulos, comunicaciones internas que permiten la transferencia de datos a un procesador interno o externo y que es capaz de realizar múltiples tareas de medición, guardado de datos y cálculos en tiempo real.

Además dispone de los elementos ópticos y mecánicos, imprescindibles en todos los taquímetros.

Una estación total posee básicamente 3 componentes:

- Mecánico: el limbo, ejes y tornillos, nivel, la base nivelante.
- Óptico: el anteojo y la plomada óptica.
- Electrónico: el distanciómetro, los lectores de limbos, el *software* y la memoria.

Los componentes óptico y mecánico no difieren de los que llevan los teodolitos y taquímetros clásicos de uso en topografía.

La gran ventaja de la estación total es la componente electrónica en cuanto a memoria interna para almacenar datos de campo, que la hace más versátil y rápida que los instrumentos clásicos.

3.6.2. Funcionamiento

Muchas estaciones totales del mercado incluyen funciones complementarias como son: medición de alturas para puntos inaccesibles al prisma; distancia reducida y diferencia de nivel entre los dos o más puntos visados desde la estación; arrastre de coordenadas y de ángulos (+ 200 grados) de un punto estación a otro; introducción de coordenadas absolutas o relativas del punto de estación; introducción por teclado de un ángulo y de una distancia ofreciendo en pantalla la diferencia entre la distancia medida y la introducida (función de replanteo), replanteo 2D y 3D, introducción de un eje de obra lineal para replanteo, trisecciones, cálculo de poligonal, de superficies, introducción de altura del instrumento y del prisma, etc.

Algunas estaciones totales sacrifican una o muchas de estas prestaciones consiguiendo una mayor sencillez de manejo y funcionalidad, incorporando dichas funciones como accesorio del cuerpo principal del instrumento, ya sea a través de pastillas o paneles de teclado suplementarios.

También el interface o forma de uso de todas estas funciones puede ser a través de menú o bien con órdenes específicas, o combinando ambos métodos con teclados numéricos o alfa numéricos y teclas de una sola función o multifunción.

3.6.3. Alcance del distanciometro

Casi todos los fabricantes distinguen en este apartado entre el alcance con uno o con tres prismas y en condiciones atmosféricas buenas, normales y malas, en función de la radiación solar, reverberación, etc.

El rango de distancia en el mercado oscila desde los 500 metros con un prisma, hasta los 11 kilómetros con 3 prismas y buenas condiciones. Existen también distanciómetros de láser, es decir no infrarrojos (electro-ópticos) capaces para mayores distancias, pero normalmente tan solo son distanciómetros, debiendo acoplar al apartado un teodolito para efectuar las medidas angulares, escapando ya del concepto de estación total integrada que incorpora la emisión de rayo infrarrojo y teodolito como un único conjunto compacto no modular.

3.6.4. Precisión del distanciometro

Es este punto importante a tener en cuenta por existir un error en la medición. Este error está compuesto de una parte fija y otra proporcional a la distancia medida.

Todos los aparatos indican en sus características técnicas una precisión, por ejemplo la de un aparato es de +/- (5 milímetros + 3 partes por millón) donde la cifra 5 milímetros es una parte fija del error y la cifra 3, partes por millón, es decir, 3 milímetros por cada kilómetro (1 kilómetro= 1 millón de milímetros).

Suponiendo que se desea replantear un punto situado a 100 metros y se dispone de 3 estaciones totales de precisiones +/- (5 milímetros + 5 partes por milímetro); +/- (5 milímetros + 3 partes por millón); +/- (3 milímetros + 2 partes por millón) los errores respectivos será +/- 5,5 milímetros; +/- 5,3 milímetros; +/- 3,2 milímetros la diferencia máxima entre ellos teniendo en cuenta los signos opuestos del error es de 8,7 milímetros, se puede decir por tanto que si en el trabajo es suficientemente una precisión del orden del centímetro, será prácticamente indiferente el efectuar el replanteo con uno u otro instrumento.

Figura 22. **Estación Total**



Fuente: NAVARRO HUDIEL, Sergio. Manual de topografía. p. 72.

Suponiendo que se desea levantar un punto a una distancia de 2 000 metros, con los mismos aparatos, obtendrá errores máximos atribuibles al instrumento de +/- 1,5 centímetros; +/- 1,1 centímetros y +/- 0,9 centímetros con máxima diferencia de 2,4 centímetros si consideramos signos opuestos.

Además de esta observación cabe notar que nunca se puede efectuar mediciones que exijan máximos errores de milímetros (entre 1 y 5) con estaciones totales de las características que se han visto en los dos ejemplos citados.

En el mercado es posible encontrar precisiones que oscilan desde +/- (1 milímetro + 1 parte por millón) hasta +/- (5 milímetros + 5 partes por millón), siendo habituales valores como +/- (3 milímetros + 3 partes por millón) y +/- (2 milímetros + 2 partes por millón).

3.6.5. Estaciones motorizadas

Otras estaciones disponen de motores servoasistidos, que permiten realizar la puntería equivalente a manejar tornillos sinfín. Además se orientan por si solas en funciones de replanteo gracias a estos motores.

3.7. Tipos de niveles

Se da el nombre de nivelación al conjunto de operaciones, por medio de las cuales se determina la elevación de uno o más puntos respecto a una superficie horizontal de referencia dada o imaginaria, la cual es conocida como superficie o plano de comparación. El objetivo primordial de la nivelación es referir una serie de puntos a un mismo plano de comparación para poder deducir los desniveles entre los puntos observados. Se dice que dos o más puntos están a nivel cuando se encuentran a la misma cota o elevación respecto al mismo plano de referencia, en caso contrario se dice que existe un desnivel entre estos.

3.7.1. Niveles tipo Y

El nivel de tipo Y (WYE) es un nivel, que por ahora ha llegado a ser obsoleto, tiene un anteojo no fijo sobre soportes en Y, llamados así debido a su forma. Las abrazaderas curvas, articuladas en uno de sus extremos y empotradas en el otro, aseguran el anteojo en su lugar.

3.7.2. Niveles de tipo fijo o de anteojo corto

En Nivel de tipo fijo (*DUMPY*) el anteojo está rígidamente unido a la regla del nivel y es paralelo a esta. El nivel de burbuja, unido a la regla del nivel

protegido, permanece siempre en el mismo plano vertical que el anteojo, pero unos tornillos situados en cada extremo permiten ajustarlo verticalmente y cambiar el nivel de burbuja cuando se daña.

3.7.3. Niveles de tipo basculante de anteojo fijo

Nivel basculante de anteojo fijo (*TILTING DUMPY*), es un tipo de nivel, utilizado en trabajos de alta precisión, también se emplean en trabajos generales, llevan un nivel de burbuja circular para nivelarlos aproximadamente empleando tornillos niveladores, o bien, una articulación esférica o de rotula que permite inclinar la base y fijarla en posición casi a nivel.

3.7.4. Niveles de tipo autonivelante

Estos instrumentos cuentan con un dispositivo de auto nivelación, en la mayoría se logra una nivelación aproximada usando una base con tres tornillos niveladores que centran una burbuja circular, aunque algunos modelos tienen una articulación esférica o de rotula. Después de centrar manualmente la burbuja, un compensador automático nivela la visual y la mantiene a nivel con toda precisión.

3.7.5. Niveles de rastreo por laser

Debido a la necesidad de precisión a la hora de hacer altimetría se ha visto la necesidad de crear una solución para los sistemas de colocación y alineamiento, incorporan múltiples sistemas de rastreo por láser, para facilitar la toma de datos para el cálculo de la geometría de un terreno, estos niveles traen ventajas ya que el uso de rastreadores permite que las mediciones en tiempo

real puedan confirmar los niveles de altura y validar el diseño, lo que lleva a un proceso más eficaz, rápido y preciso.

3.7.6. Niveles geodésicos de precisión

Con el instrumento geodésico de precisión puesto en la estación se hacen lecturas en dos miras calibradas, en posición vertical, colocadas atrás y adelante del instrumento. La diferencia de lecturas es la diferencia en elevación entre los puntos donde están las miras. El instrumento óptimo usado para la nivelación, consta de un nivel de burbuja que se ajusta en posición paralela al geoide. Cuando el instrumento está bien centrado en un punto, el telescopio tiene una posición horizontal (nivel) de modo que puede rotar 360 grados libremente. En toda línea de nivelación debe conocerse la elevación exacta de cuando menos un punto de ella para poder determinar las elevaciones de los puntos restantes.

4. PLANIMETRÍA Y SUS MÉTODOS

4.1. Elementos de observación y medición de distancias

Un levantamiento topográfico constituye el conjunto de operaciones que tiene por objeto conocer la posición relativa de los puntos sobre la tierra en base a su longitud, latitud y elevación (x,y,z). Para el estudio de la topografía se dividió en planimetría y altimetría.

4.2. Levantamientos taquimétricos

Por definición, la taquimetría es el procedimiento topográfico que determina en forma simultánea las coordenadas norte, este y cota de puntos sobre la superficie del terreno.

Este procedimiento se utiliza para el levantamiento de detalles y puntos de relleno, en donde no se requiere de grandes precisiones.

Hasta la década de los 90, los procedimientos topográficos se realizaban con teodolitos y miras verticales. Con la introducción en el mercado de las estaciones totales electrónicas, de tamaño reducido, costos accesibles, funciones pre programadas y programas de aplicación incluidos, la aplicación de la taquimetría tradicional con teodolito y mira ha venido siendo desplazada por el uso de estas estaciones.

Un levantamiento taquimétrico, es cuando en la representación gráfica se coloca toda la información de los puntos considerados, incluyendo simultáneamente sus coordenadas horizontales y cotas de cada punto (x, y, z).

4.3. Métodos

Cuando se prepara un levantamiento topográfico, la regla fundamental es proceder de lo general a lo particular, se debe tener presente el trabajo en su conjunto cuando se dan los primeros pasos. Los diferentes tipos de métodos para realizar los levantamientos topográficos requieren precisiones diversas, pero es importante determinar con la mayor precisión posible los primeros puntos de cada levantamiento.

4.3.1. Método de radiación

Para la realización de un levantamiento topográfico utilizando radiaciones se podría resumir de la siguiente manera:

- Paso 1: dibujo del croquis sólo con los elementos que van a tener representación en el plano.
- Paso 2: ubicación de la estación, teniendo en cuenta que el punto debe ser de coordenadas conocidas y que desde ahí se pueden ver perfectamente y sin obstáculos los puntos a mirar.
- Paso 3: elección de puntos y toma de datos.

Los puntos que se eligen serán los más representativos, y estos son, los extremos de los segmentos rectos, y en las zonas curvas, se escogerán los suficientes para poder después representarla, una opción es escoger puntos donde la cuerda que forman entre ellos y la circunferencia, no tenga flechas

mayores a lo que se puede representar en el plano. (Sería interesante conocer primero la escala del plano).

Procedimiento toma de datos:

- Se visa a un punto lejano, fijo y ajeno a la radiación que se toma como referencia y sólo se anota la lectura del círculo horizontal.
- Se toman los datos de los puntos del plano por vueltas de horizonte.
- Se termina siempre visando nuevamente a la referencia y anotando la lectura horizontal.

4.3.2. Método por ordenadas

Si se conocen las coordenadas de los vértices de un polígono cerrado, su superficie se puede calcular a partir de la fórmula siguiente:

$$S = \frac{1}{2} [(X_2 - X_1)(Y_2 - Y_1) \dots + (X_3 - X_2)(Y_3 - Y_2) \dots + (X_{i+1} - X_i)(Y_{i+1} - Y_i) + (X_{i+1} - X_i)(Y_1 - Y_n)]$$

Donde:

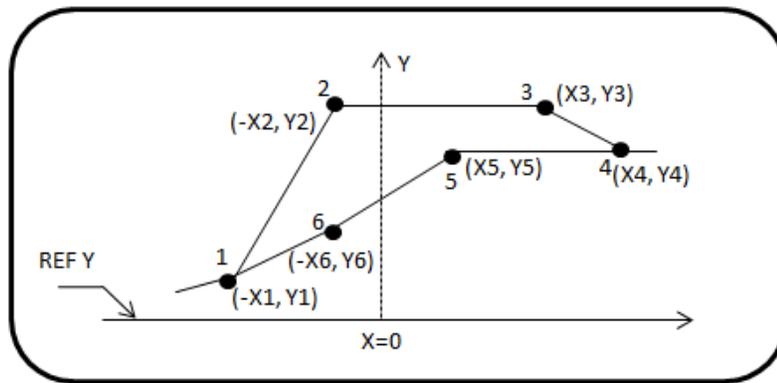
n = número de vértices

X_i = coordenada X del vértice i

Y_i = coordenada Y del vértice i

Para aplicar la fórmula anterior, los vértices se deberán numerar consecutivamente, tal como se señala en la figura 23. El resultado obtenido para la superficie presentará signos positivo o negativo dependiendo del sentido de recorrido con que se enumeran los vértices.

Figura 23. **Método por ordenadas**



Fuente: MONTES DE OCA, Miguel. Topografía. p. 82.

4.3.3. **Método por ángulos internos**

Este método trata de reconocer las estaciones, ubicándose en la segunda, se localizan con la mira y se miden con el ángulo (en sentido que giran las agujas del reloj) que se forma al mirar la tercera estación. La estación dos se deberá orientar con respecto al norte magnético.

4.3.4. **Método por deflexiones simples**

El método de deflexiones simples en una poligonal abierta, consiste en tomar un azimut inicial referido al norte y fijando éste con una vuelta de campana. En la vista atrás se toma la medida hacia la siguiente estación. Se

tomaron puntos intermedios entre estación y estación a cada veinte metros, así como también puntos de referencia en accidentes geográficos (cercos, orillas de calle, postes de luz, etc.).

4.3.5. Método por dobles deflexiones

Es el método que se utiliza tradicionalmente en levantamientos topográficos tradicionales en poligonales abiertas. Consiste en calibrar el azimutal al norte y medir el ángulo de orientación a la estación 1, fijando el movimiento azimutal y liberando el movimiento general, se traslada el equipo a la estación 1. Ya estando en la estación 1 se calibra $0^{\circ}00'00''$ el azimutal, luego de fijar y soltar el movimiento general, dando vuelta de campana se localiza la estación, luego se fija el movimiento general. Se da vuelta de campana nuevamente.

Se libera el azimutal y se enfoca la estación 2. Hecha la lectura vuelta de campana, se divide a la mitad, siendo la lectura del ángulo correspondiente a la lectura 1-2, la cual se llama doble deflexión.

4.3.6. Método por conservación de azimut

Este método se emplea para cualquier clase de polígonos. Con el anteojo en posición directa, se orienta el aparato en el primer vértice (magnéticamente o astronómicamente), para medir con un vernier el azimut del primer lado.

Después, conservando en el vernier esta lectura, se traslada el aparato al punto siguiente, y al ver el de atrás en posición inversa, quedar el anteojo sobre la línea cuyo azimut se tiene marcado. Se vuelve el anteojo en posición en

posición directa, y así se logra que el aparato quede en una posición paralela a la que tuvo en el punto de atrás, ósea que el cero queda otra vez orientado al Norte; y dejando ahí fija la graduación (movimiento general apretado), se afloja el tornillo del movimiento particular y puede medirse el Azimut de la siguiente línea, con el vernier. Así se continúa el procedimiento recorriendo ordenadamente los vértices.

4.4. Error de cierre angular

Cuando se miden los ángulos internos de una poligonal cerrada, es posible efectuar un control de cierre angular, dado que la suma de los ángulos interiores de un polígono es igual a $180 \text{ grados} \times (n - 2)$.

El error de cierre angular es igual a la diferencia de $180 (n - 2)$ menos la sumatoria de los ángulos interiores.

$$E = 180^\circ(n-2) - \sum \alpha_{\text{int}}$$

Donde:

n: cantidad total de ángulos en el polígono

α_{int} : cantidad total de ángulos internos contenidos en el polígono

El error de cierre angular debe ser menor o igual que la tolerancia. Por tolerancia se entiende el mayor error permitido (e_{max}). La tolerancia depende de los instrumentos que se utilizan y los métodos de levantamiento que se aplican. Si se trata de levantamientos poco precisos:

$$e_{\text{max}} = a \cdot n$$

Donde:

a: es la aproximación del instrumento de medida

n: la cantidad de medidas

En cambio si se trata de levantamientos precisos: $e_{\max} = a\sqrt{n}$

Si en lugar de medir los ángulos internos se miden los ángulos externos, la suma debe ser igual a 180 grados x (n + 2).

Este control se realiza en el campo, de tal manera que si el error es mayor que la tolerancia (error grosero) puede realizarse la medición nuevamente, hasta obtener un error de cierre menor que la tolerancia.

Una vez obtenido el error de cierre angular menor o igual que la tolerancia se procede a compensar los ángulos. Una forma de compensar los ángulos es por partes iguales. Para obtener la corrección angular c, se divide el error por el número de vértices:

$$C = e/n$$

Obtenida la corrección, se suma o se resta de acuerdo al signo del error, a cada uno de los ángulos:

$$(\text{Ángulo}) + c$$

4.5. Tolerancia compensación

La tolerancia es la cantidad máxima de error que se puede cometer en la realización de un trabajo topográfico. El punto más desfavorable del trabajo no debe ser peor que el valor de la tolerancia.

La tolerancia está directamente relacionada con el límite de percepción visual, ya que suelen igualarse. La tolerancia va a ser la que plantee el trabajo, según la cual se decidirá el instrumental a utilizar, el método de observación, la hora de la toma de datos y los métodos de cálculo de gabinete.

Si los lados de la poligonal tienen longitudes similares, se puede compensar por partes iguales. En el caso que se requiere más precisión la corrección es más compleja. Se puede realizar por partes proporcionales. Las correcciones proporcionales vienen expresadas por las siguientes expresiones:

$$C_x = \frac{x}{\sum x} \sum Dx + \frac{y}{\sum y} \sum Dy$$

$$C_y = \frac{y}{\sum y} \sum Dy + \frac{x}{\sum x} \sum Dx$$

Para obtener los valores de corrección proporcionales, C_x y C_y se multiplican por todos los D_x y D_y respectivamente y estos valores se suman o se restan, de acuerdo a su signo, a los D_x y D_y .

Para obtener las coordenadas cartesianas de los puntos que forman la poligonal, se debe partir de las coordenadas del primer punto. Si no se conocen las coordenadas del primer punto, se les asignan valores arbitrarios. Estos valores arbitrarios se eligen procurando que ningún punto del levantamiento tenga coordenadas negativas. A partir de las coordenadas del primer punto se

obtienen las coordenadas de los puntos subsiguientes, utilizando los Dx y Dy corregidos.

4.6. Cálculo y compensación del error

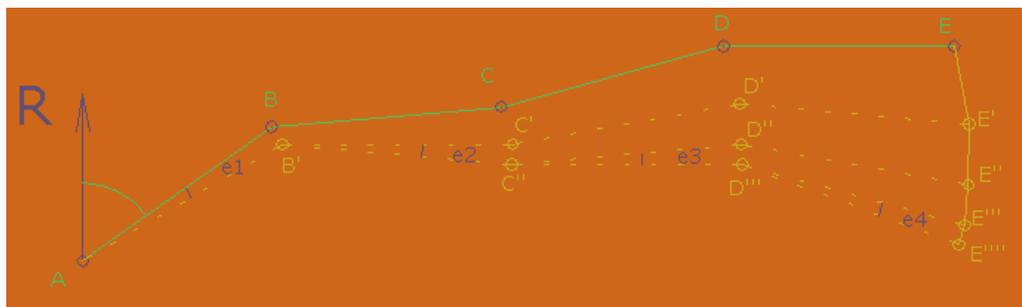
Errores transversales:

Se simplifica considerando el itinerario prácticamente rectilíneo con tramos de longitudes prácticamente iguales.

Taquímetro:

Se considera L igual a la longitud total del itinerario y n al número total de tramos que forman el itinerario.

Figura 24. Error taquimétrico



Fuente: URRUTIA, Javier. Cartografía. p. 83.

Caso en el que se comete un error (e1) solamente en la primera estación:

$$EE' = \frac{L}{n} n * e_1 = L * e_1$$

Caso en el que se vuelve a cometer un segundo un segundo error (e_2) en la siguiente estación:

$$EE' = \frac{L}{n}(n-1) * e_2$$

Caso de cometer un eneavo error angular en:

$$E^{n-1}E^n = \frac{L}{n} * e_n$$

Por tanto el ET será:

$$E = \sqrt{\left(\frac{L}{n}\right)^2 n^2 e_1^2 + \left(\frac{L}{n}\right)^2 (n-1)^2 e_2^2 + \dots + \left(\frac{L}{n}\right)^2 e_n^2}$$

Como para medir cada ángulo se usan 2 visuales, CD y CI, el error angular que se comete en cada estación quedará multiplicado por raíz de dos, el cual corresponde con el máximo error que se comete en cada estación.

$$e_1, e_2, e_3, \dots, e_n = e_n \sqrt{2}$$

quedando entonces el ET:

$$E_T = \frac{L}{n} e_a \sqrt{2} \sqrt{n^2 + (n-1)^2 + \dots + 1}$$

que simplificado queda como sigue;

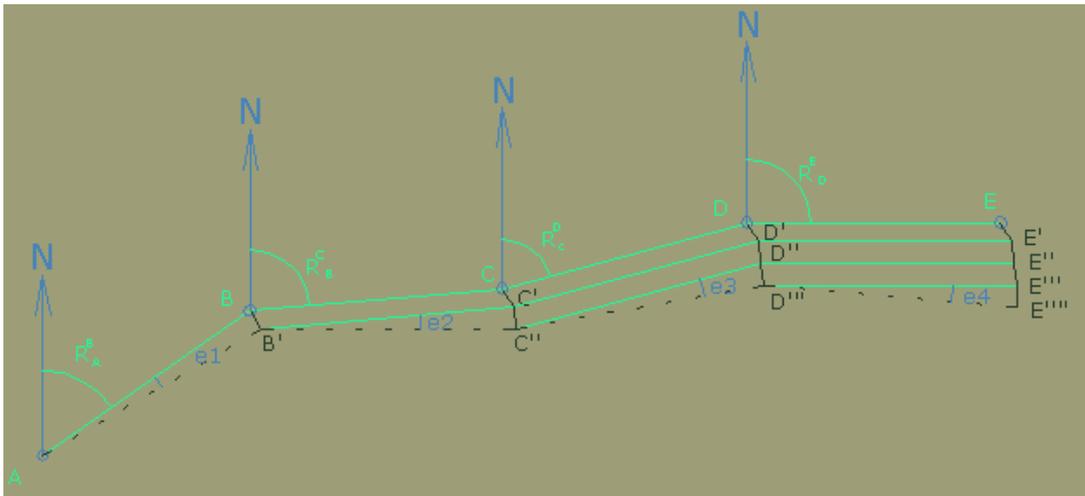
$$E_T = \frac{L e_a}{n r^{cc}} \sqrt{2} \sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{6}}$$

(Nota: no olvidar dividir el e_a por un radian)

Brújula:

En este caso, al contrario que en el anterior, cada error angular solo se produce una única vez, tal y como se aprecia en la figura 25, ya que el instrumento se auto-orienta en cada estación.

Figura 25. **Error ocasionado por brújula**



Fuente: KOENING VEIGA, L. Fundamentos de topografía. p. 87.

Por tanto si se considera L como la longitud total del itinerario y n igual al número de tramos del itinerario, se puede calcular el error en cada tramo como sigue:

$$BB' = EE' = \frac{L}{n} e_1$$

$$C'CC'' = E'E'' = \frac{L}{n} e_2$$

$$E^{n-1}E^n = \frac{L}{n} e_n$$

Por lo que para calcular el ET de toda la poligonal se realiza la componente cuadrática de los errores producidos en cada estación.

$$E_T = \sqrt{\left(\frac{L}{n}\right)^2 e_1^2 + \left(\frac{L}{n}\right)^2 e_2^2 + \dots + \left(\frac{L}{n}\right)^2 e_n^2}$$

que simplificando queda:

$$E_T = \frac{L e_a}{n r''} \sqrt{n}$$

Errores lineales:

Los errores lineales quedan representados por el Error Longitudinal (EL).

Suponiendo que se comete un error en todas las estaciones y en todas por igual, el error longitudinal quedará representado por la siguiente función.

$$E_L = \left(\frac{L}{n}\right) e_r \sqrt{n}$$

EL será igual tanto para la brújula como para el taquímetro.

er ---> Error relativo del instrumento (mira, prisma, cinta).

Error total en una poligonal:

El E_{Total} será el mayor de los 2 errores, transversal o longitudinal, ya que ambos errores son perpendiculares entre sí. Por lo que la posibilidad de que se den a la vez es mínima, de la razón de 1/2500.

4.7. Libreta topográfica

Cuando se habla de libreta topográfica, se refiere a la libreta que sirve para anotar todas las medidas, orientaciones, desniveles y demás datos topográficos tomadas durante el levantamiento, preferentemente se recomienda utilizar un cuaderno que cuente con una cuadrícula para mejor utilización de la misma.

4.7.1. Planimetría

Los levantamientos planimétricos tienen por objetivo la determinación de las coordenadas planas de puntos en el espacio, para representarlos en una superficie plana: plano o mapa.

Cada punto en el plano queda definido por sus coordenadas. Estas pueden ser polares (rumbo y distancia) o cartesianas: distancias perpendiculares a ejes cartesianos: X e Y o N y E.

Los instrumentos topográficos permiten medir ángulos y distancias con las que se determinan las coordenadas de los puntos del espacio que se desea representar en el plano. Los métodos de levantamiento comprenden todas las tareas que se realizan para obtener las medidas de ángulos y distancias, calcular las coordenadas y representar a escala los puntos en el plano, con la precisión adecuada.

4.7.2. Planimetría taquimétrica

Es la medición indirecta de distancia con teodolito y mira vertical. Utilizando un teodolito que en su retículo tenga los hilos estadimétricos, se toman los ángulos verticales de dos puntos de la mira. Con una simple ecuación se calcula la distancia requerida. Su precisión es de 1:750. 100.

Taquimetría tangencial de mira vertical

Como en el caso de taquimetría corriente con mira vertical, se utilizan los mismos instrumentos pero de manera diferente. Lleva el nombre de tangencial porque, para la determinación de las distancias, las fórmulas utilizan la función trigonométrica tangente. Este método es un poco más preciso que la taquimetría corriente. Su precisión es de 1:750 a 1:1500.

Taquimetría de mira horizontal:

Medición indirecta de distancia con teodolito y mira horizontal, o conocida también como estadía de invar. En este método sólo se pueden medir distancias horizontales. Su precisión es de 1:4000 a 1:50000. También es llamado método paraláctico, por basarse en la resolución de un ángulo agudo muy pequeño, generalmente menor a 1 grado, como los ángulos de paralaje astronómico.

No era un método de un uso muy extendido, ya que la mira paraláctica o estadía de INVAR tenía un costo excesivo, pero su alcance y su precisión lo hacían especialmente útil en trabajos topográficos, aunque ha caído en desuso

con el advenimiento de los métodos electrónicos, los distanciómetros eléctricos, las estaciones totales y los instrumentos basados en el GPS.

Consiste en la resolución de un triángulo rectángulo angosto del que se mide el ángulo más agudo; el cateto menor es conocido ya que es la mitad de una mira (llamada paraláctica), horizontal fabricada en un material sumamente estable, generalmente invar, de dos metros de largo (se eligió esta longitud de 2,00 metros porque la mitad es 1,00 metros lo que luego facilita el cálculo); y el cateto mayor es la distancia (D) que queremos averiguar, la cual se deberá calcular.

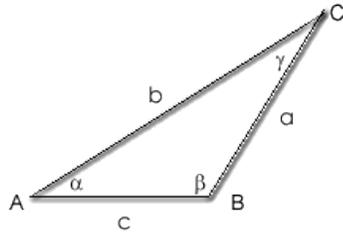
Cálculo de distancias mediante triangulación aplicando ley de senos y cosenos

Esta aplicación facilita el cálculo de distancias y ángulos mediante la triangulación y apoyada en la Ley de senos y cosenos.

Plantea 3 opciones diferenciadas:

- Ley de senos: se ingresa una distancia base, el ángulo opuesto a esta, y el ángulo opuesto a la distancia que deseamos calcular.
- Ley de cosenos 3 lados: se ingresan los 3 lados de un triángulo y automáticamente se obtiene el ángulo común los 2 primeros lados ingresados.
- Ley de cosenos 2 lados: se ingresan los 2 lados de un triángulo y el ángulo común a ellos, y se obtiene el 3er.

Figura 26. **Ejemplo de ley de cosenos**



Fuente: NAVARRO, Jorge. Manual de topografía y cartografía. p. 88.

$$\frac{a}{\text{Sen } \alpha} = \frac{b}{\text{Sen } \beta} = \frac{c}{\text{Sen } \gamma}$$

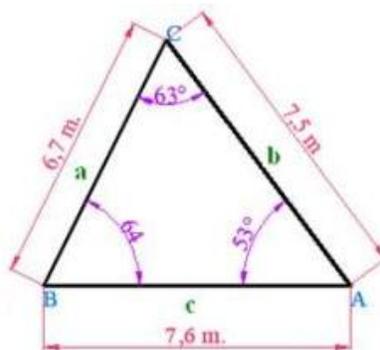
$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc * \text{Cos } \alpha$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac * \text{Cos } \beta$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab * \text{Cos } \gamma$$

Ejemplo:

Figura 27. **Ejemplo de ley de senos**



Fuente: NAVARRO, Jorge. Manual de topografía y cartografía. p. 88.

Usando Ley de senos

$$\frac{\sin 64}{7,5} = \frac{\sin 53}{a}$$

Suponiendo que **a** es la distancia que no se conoce
despejando a, se tiene:

$$a = 7,5 * \frac{\sin 53}{\sin 64} = 6,7$$

Usando Ley de cosenos

$$a^2 = (7,5)^2 + (7,6)^2 + 2(7,5 * 7,6) * \text{Cos } 53$$

Suponiendo que **a** es la distancia que no se conoce
despejando a, se tiene:

$$a = \sqrt{(7,5)^2 + (7,6)^2 - 2(7,5 * 7,6) * \text{Cos } 53} = 6,7$$

4.8. Sistema de posicionamiento global

El sistema de posicionamiento global, más conocido con las siglas en inglés GPS, es un sistema de navegación por satélite que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, con una gran precisión que puede llegar hasta los centímetros, si bien lo habitual son unos pocos metros.

4.8.1. Sistema de coordenadas con GPS

Hasta hace algunos años, cuando se hablaba de GPS sólo se podía denominarla como la herramienta del futuro. Hoy en día los avances tecnológicos en este campo han conseguido que se pueda denominarla la herramienta del presente.

Durante la última década el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) ha sido el avance tecnológico más importante en el mundo de la topografía, pasando de ser un sistema relegado a la geodesia a convertirse en una potentísima herramienta para trabajos topográficos y cartográficos.

Sin embargo, posiblemente por la juventud de esta tecnología tan novedosa, aún se crean algunas dudas en los usuarios respecto a su funcionamiento, productividad, ventajas, etc., aplicado a sus trabajos diarios. Por ello a continuación y de la forma más sencilla posible, se trata de solventar las dudas más comunes que con toda seguridad han provocado en muchos usuarios que no se hayan atrevido a integrar esta nueva tecnología en su trabajo.

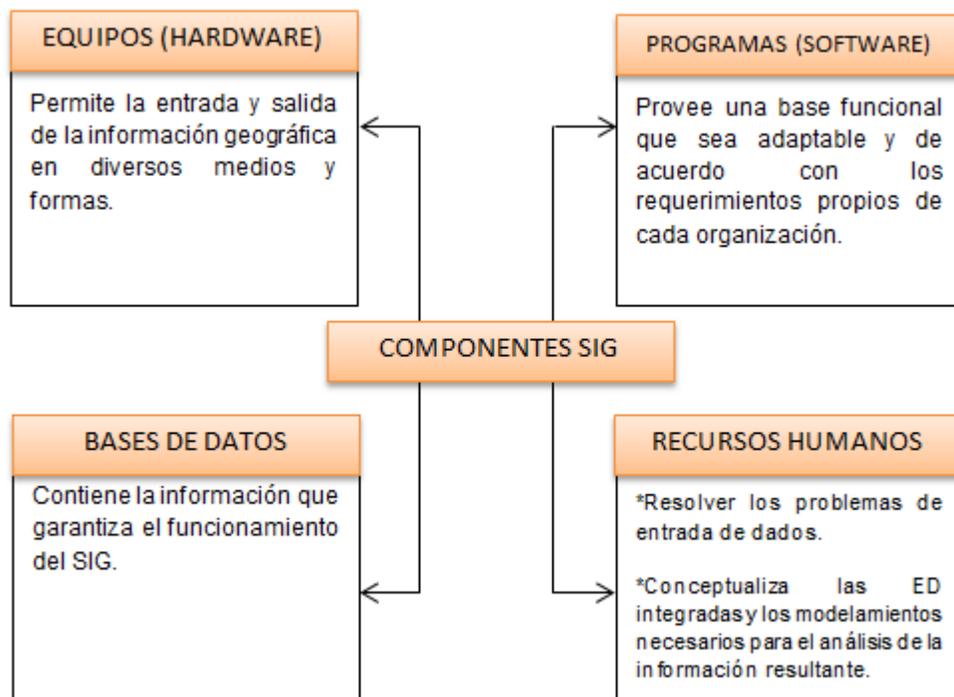
De esta manera se quiere ayudarles a incorporarse a la gran familia de usuarios de equipos GPS que, gracias a éstos, ya están incrementando su productividad, calidad de trabajo y, en definitiva, sus beneficios.

Sistema de Información Geográfica SIG es un sistema de información que es utilizado para ingresar, almacenar, recuperar, manipular, analizar y obtener datos geo-referenciados geográficamente o datos geoespaciales, a fin de brindar apoyo en la toma de decisiones sobre planificación y manejo del uso

del suelo, recursos naturales, medio ambiente, transporte, instalaciones urbanas y otros registros administrativos.

Los componentes claves de un SIG son:

Figura 28. **Diagrama de un sistema de información geográfica**



Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Procedimientos topográficos. p. 91.

- **Equipos (hardware):**
Es donde opera el SIG. Se pueden ejecutar en un amplio rango de equipos, desde servidores hasta computadoras personales.
- **Programas (software):**
Un sistema de manejador de base de datos.

- Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica. Herramientas que permitan búsquedas geográficas, análisis y visualización.
- Interfaz gráfica para el usuario para acceder fácilmente a las herramientas.
- Datos: probablemente la parte más importante. El sistema de información geográfico integra los datos espaciales con otros recursos de datos. El plano de referencia es la tierra.
- Recurso humano: la tecnología de los SIG está limitada si no se cuenta con el personal que opera, desarrolla y administra el sistema, y establece planes para aplicarlo en problemas del mundo real.
- Procedimientos: un SIG operará acorde con un plan bien diseñado.

En un SIG además de saber la localización de un objeto espacial por sus coordenadas geográficas, también se puede saber qué relación o interacción tiene ese objeto espacial con otros objetos espaciales que se encuentran a su alrededor.

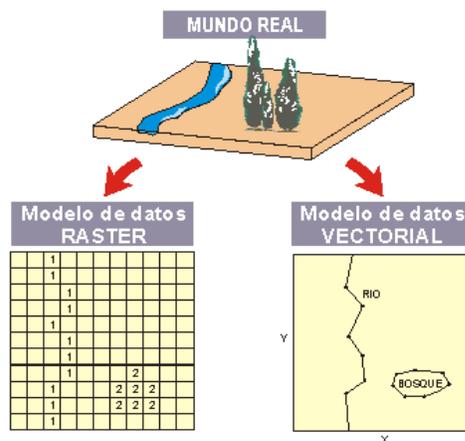
Los componentes de los datos geográficos son: los datos espaciales (gráficos) y los datos tabulares descriptivos (símbolos y textos). Permite la construcción de relaciones entre estos datos. Por ejemplo la ubicación de un tipo de suelo (dato espacial) y sus características (dato tabular).

Para la construcción de una base de datos geográfica, y según la utilidad que se vaya a dar a la información, se seleccionan las capas temáticas a incluir y la realidad es reducida a puntos, líneas y polígonos.

- Punto: representa a un punto sobre la superficie terrestre determinado por sus coordenadas latitud y longitud.
- Línea: se representan por una sucesión de puntos.
- Polígono: se representan por un conjunto de líneas y puntos cerrados para formar una zona perfectamente definida.

Los SIG funcionan con dos tipos de información geográfica y permiten el despliegue de mapas cartográficos. Existen dos modelos, según la forma en que se representan los objetos espaciales: el modelo vectorial y el modelo raster.

Figura 29. **Modelos vectorial y raster**

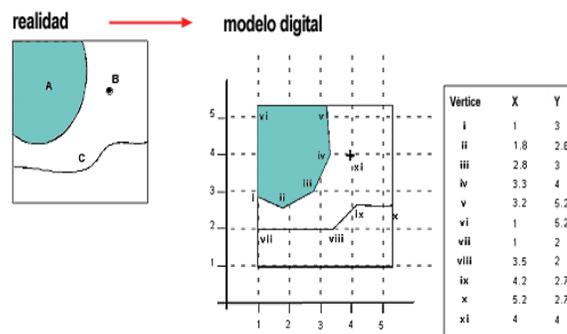


Fuente: CASTELLANOS, Víctor. Topografía. p. 100.

Modelo vectorial: utiliza puntos, líneas, polígonos (áreas), que corresponden a objetos con nombre o número de código de atributo. (Figura).

Modelo raster: utiliza celdas, contiene un solo valor de atributos. La captura de la información se hace mediante imágenes de satélite, fotografía aérea, cámara digital, los GPS también son fuentes de entrada de datos, entre otros.

Figura 30. **Capas vectoriales**



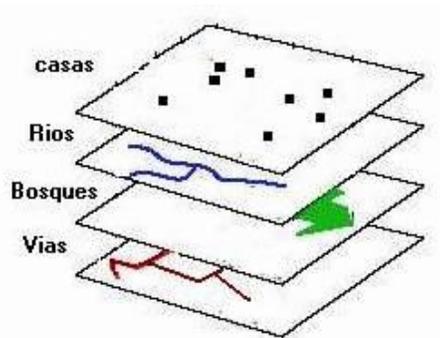
Fuente: ALBORS, J. M. Manual de planimetría. p. 100.

En la representación vectorial un objeto espacial se representa por su geometría y cada objeto espacial tiene integrado un conjunto de atributos.

Las capas vectoriales pueden representarse por:

- Puntos, ejemplo capa de puentes, escuelas, etc.
- Líneas, ejemplo vías férreas, calles, etc.
- Polígonos, ejemplo lagunas.

Figura 31. **Modelo vectorial**

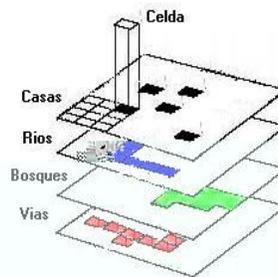


Fuente: FRANCO REY, Jorge. Topografía y geodesia. p. 102.

Las capas *raster*, son representadas por imágenes. La información digital es representada por medio de cuadros llamados píxeles, que es la unidad mínima de medida. Son imágenes de satélite, fotografía aérea, cámaras de video o cámara fotográfica digital.

Los mapas tienen un pixel y cada uno de los píxeles que forman la imagen se encuentra georreferenciado, es decir, cada píxel tiene asociada una posición geográfica (latitud-longitud).

Figura 32. **Modelo raster**



Fuente: FRANCO REY, Jorge. Topografía y geodesia. p. 102.

El establecer un sistema de coordenadas se utiliza el apoyo de la existencia de satélites artificiales orbitando alrededor de la Tierra. Actualmente existen 24 satélites dedicados a este trabajo.

Como se conoce perfectamente la posición instantánea de todos estos satélites gracias al exhaustivo control que existe de los mismos por parte de las estaciones de seguimiento pertenecientes a los organismos espaciales correspondientes, es muy sencillo poder calcular la posición de cualquier punto a partir de éstos mediante simples cálculos de geometría.

Esto se reduce a la realización de una sencilla intersección múltiple de rectas, calculando así el punto de intersección. Este punto de intersección sería el punto del que se quiere conocer la posición, y las rectas unirían éste con los satélites correspondientes (de los que conocemos su posición).

Cada satélite GPS transmite dos señales de radio:

- Portadora L1, modulada con dos códigos: CIA (adquisición grosera -civil) y P (preciso - militar).
- Portadora L2, modulada con el código P.

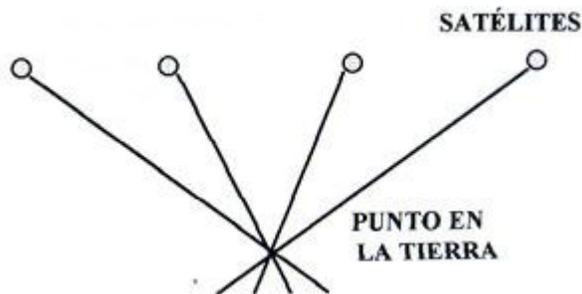
La distancia desde un satélite, se establece al medir el tiempo de viaje de las señales de radio desde el mismo al receptor, ya que se conoce la velocidad de la onda (velocidad de la luz): $d = c * t$. Este cálculo es válido si la señal ha viajado en una trayectoria recta.

El cálculo del tiempo se puede determinar mediante dos tipos de lectura:

- Lectura de código: el receptor utiliza el código (CIA o P) para el cálculo.

- Lectura de fase: el receptor lee directamente la fase de las ondas portadoras (L1 o L1 y L2) y se calcula el número de ciclos.

Figura 33. **Intersección múltiple de rectas**



Fuente: CASTELLANOS, Víctor. Topografía. p. 107.

Éstos recibirán de cada satélite, la información de su posición y la distancia a la que se encuentran; con estos datos realizará los cálculos de intersección para dar la posición del punto.

No todos son iguales. Según el tipo de trabajo en que se usan, se tienen diferentes necesidades en cuanto a sus prestaciones, pero se va a fijar por ejemplo el criterio de la precisión con la que dan las coordenadas de los puntos.

Para fines de uso en la Ingeniería Civil, cuando se habla de levantamientos topográficos y geodésicos proporcionan las más altas precisiones: entre 10 centímetros y 5 milímetros. Son los que se emplean en cualquier trabajo topográfico, cartografía a escalas de bajo denominador y trabajos geodésicos.

Para ejemplificar mejor la realización de un levantamiento planímetro se realiza un ejercicio en el cual se usa el método pensilvania, dando como resultado las coordenadas totales de la línea central preliminar.

El método de pensilvania consiste en calcular coordenadas parciales por medio de utilización de las funciones trigonométricas seno y coseno, se asume que las coordenadas de la primera estación serán $X = 0,00$ y $Y = 0,00$, luego con el ángulo horizontal y distancia se obtienen las ΔX y ΔY , las cuales se suman algebraicamente para obtener las coordenadas totales.

Ejemplo:

La tecnología GPS (Global Positioning System), es de una importancia vital en lo que a percepción remota se refiere. Aquí se expone un ejemplo más que simple de cómo se puede utilizar el GPS para ubicar correctamente un determinado objeto en una imagen satelital. Para correlacionar los datos de tierra (verdad terrestre) con la información proveniente de una imagen de satélite es fundamental en primer lugar seleccionar objetos testigo en el terreno mismo.

Una vez seleccionados estos objetos se procede a tomar sus coordenadas geográficas utilizando el GPS. También allí se toman fotos y todos los datos posibles referentes a ese estudio de campo, se pasa al estudio de la imagen satelital. Uno de los primeros pasos en el procesamiento de una imagen es su georeferenciación.

Este paso se puede definir como el ajuste de la imagen a una proyección geográfica predeterminada (UTM, Mercator, etc.) y a un *datum* también predeterminado (WGS84, Yacaré, International, etc.). Este proceso se realiza mediante el uso de softwares especializados. Una vez realizada la

georeferenciación se procede a ubicar en la imagen los objetos a ser estudiados y cuyas coordenadas fueron obtenidas mediante GPS en el trabajo de campo. Finalizada la ubicación de los *targets*, se procede al cotejamiento de la información obtenida en el campo y la información aportada por la imagen satelital.

El objetivo de esta metodología es analizar y cotejar la información terrestre con la satelital, a fin de obtener modelos cuya aplicación se pueda hacer extensiva a grandes áreas. Para ello el muestreo realizado en tierra debe ser estadísticamente representativo, variando su criterio muestreo de acuerdo a la naturaleza del estudio (urbano, agrícola, geológico, etc.).

Entre los GPS más utilizados en el mercado podremos mencionar *PROMARK, TRIMBLE, LEICA*, etc.

Promark: ofrece la modalidad de medición estático, cinemático, navegación y GIS. Para aplicaciones de navegación, *Promark* proporciona una precisión de navegación en tiempo real de 3-5 metros, gracias a la nueva tecnología que habilita las señales de corrección para el sistema WASS (Sistema de Aumento de Área Amplia) y EGNOS (Sistema Europeo de Superposición de Navegación Geoestacionaria), realizando más fácilmente la ubicación del lugar de trabajo y reconocimiento.

En la modalidad de medición, el sistema establece el control de puntos nuevos o existentes en forma precisa y productiva. A diferencia de los equipos de medición ópticos, el GPS no requiere línea visual entre los puntos de medición, logrando así aumentar significativamente la productividad, ya que los tramos transversales pueden ser más largos y a menudo punto a punto ideal para las necesidades de puntos de control.

Trimble: las estaciones totales *trimble* forman parte de una completa gama de instrumentos topográficos, la conveniencia funcional ofrecida por el *hardware* del *trimble* es única en estaciones totales. Su amplia pantalla gráfica y su manejable teclado ofrecen al usuario un alto grado de flexibilidad para el procesamiento de la amplia variedad de información en los cuadros de diálogo de medición, las diversas unidades de control cumplen todos los requisitos.

Leica: diseñado y construido con los más estrictos estándares y la última tecnología en mediciones, los instrumentos *leica* son extremadamente eficientes y fiables, y aguantan los entornos más severos.

Estos instrumentos GPS de alta tecnología permiten hacer todo tipo de trabajos más rápido, con mayor precisión y eficacia que nunca antes, y lo más importante es reduce sus costes e incrementa sus beneficios.

LEICA *Geo Office* (LGO), es el programa de oficina que se presenta con el Sistema GPS y TPS de Leica. Trabaja con todos los tipos de medición (TPS, GPS y datos de nivel) y es la herramienta ideal para visualizar, procesar, revisar la calidad y guardar los datos antes de exportarlos a prácticamente cualquier formato requerido por programas de cartografía o ingeniería.

Ejemplo:

Tabla III. **Libreta de campo**

Estación	Punto Observado	Azimut			Distancia	Observaciones
		Grados	Minutos	Segundos		
E-0	E-1	95	30	20	45,86	Estación
E-1	E-2	32	25	10	86,25	Estación

Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Topografía plana. p. 81.

$$\Delta X = \text{seno } (95,5055) * 45,86 = 45,6484$$

$$\Delta Y = \text{coseno } (95,5055) * 45,86 = -4,3999$$

$$\Delta X = \text{seno } (32,4194) * 86,25 = 46,2397$$

$$\Delta Y = \text{coseno } (32,4194) * 86,25 = 72,8075$$

Tabla IV. **Coordenadas parciales y totales**

Estación	Punto observado	ΔX	ΔY	X total	Y total
E-0				0,000	0,000
E-0	E-1	45,6484	-4,3999	45,6484	-4,3999
E-1	E-2	46,2397	72,8075	91,8881	68,4076

Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Topografía plana. p. 91.

5. ALTIMETRÍA Y SUS MÉTODOS

La altimetría es la parte de la topografía de superficie, que trata de los métodos de campo y gabinete, necesarios para obtener la posición altimétrica de puntos del terreno. (coordenada “z”).

A los puntos del terreno con posición altimétrica se refiere a elevaciones, alturas o cotas.

Una elevación es una distancia vertical medida desde un plano horizontal hasta un punto o banco de nivel del terreno.

Nivelación, es un término genérico que se aplica a cualquiera de los diversos procedimientos a través de los cuales se determinan elevaciones o diferencia entre las mismas. Es una operación fundamental, para tener los datos necesarios para la elaboración de planos de configuración y en proyectos de obras de Ingeniería Civil.

Los resultados de la nivelación se utilizan en proyectos de carreteras, construcción de dragados, canales abiertos, suministro de agua potable, obras de drenaje, cálculo de volúmenes, estudio del escurrimiento pluvial de una región, etc.

El plano de referencia debe ser el nivel medio del mar, pero algunas veces se maneja un plano convencional o arbitrario.

La nivelación es el proceso de medición de elevaciones o altitudes de puntos sobre la superficie de la tierra. La elevación o altitud es la distancia vertical medida desde la superficie de referencia hasta el punto considerado. La distancia vertical debe ser medida a lo largo de una línea vertical definida como la línea que sigue la dirección de la gravedad o dirección de la plomada

Es un punto permanente en el terreno de origen natural o artificial cuya elevación es conocida. El BM puede estar referenciado al nivel del mar o ser asumido para ciertos trabajos de campo que es lo más recomendable y común en nuestro país.

5.1. Objeto de la altimetría

- Aplicará los procesos de campo, cálculo y dibujo, efectuará la nivelación de poligonales, las cerradas y abiertas.
- Determinar la posición vertical de los puntos o cotas de nivel para apoyos topográficos.

Considerar las diferencias de nivel existentes entre un punto de terreno o construcción respecto a su BM (Banco de Marca).

Determinar las diferencias de alturas entre puntos del terreno, sabiendo que las alturas de los puntos se forman sobre planos de comparación diversa, siendo el más común de ellos el del nivel del mar.

5.2. Superficies de nivel

Las distancias verticales, que se miden a partir de una superficie de nivel o plano de referencia arbitrario, que debe ser normal a la dirección de la plomada, se denominan cotas.

5.3. Cota, altitud y desnivel

El desnivel, es la distancia vertical entre las superficies equipotenciales que pasan por dichos puntos. El desnivel también se puede definir como la diferencia de elevación o cota entre ambos puntos.

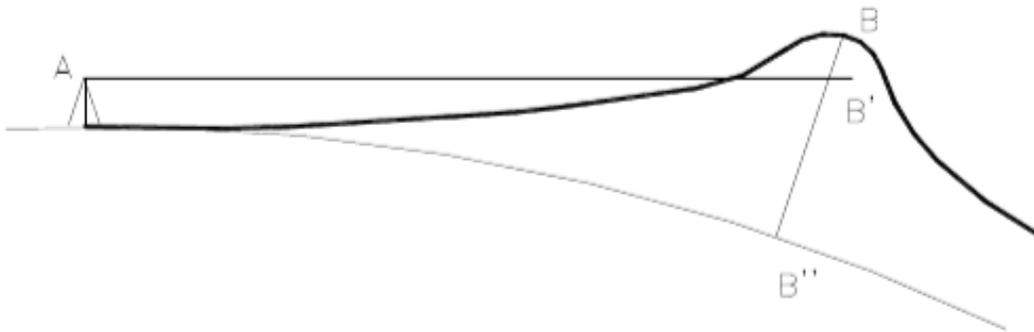
Para la solución de los problemas prácticos de ingeniería, se deben estimar hasta qué punto se puede asumir, sin apreciable error, que el plano horizontal coincide en toda su extensión con la superficie de nivel; es decir, hasta qué punto se podría considerar la tierra como plana.

5.4. Desnivel verdadero y desnivel aparente

Desnivel: diferencia de cotas entre A y B.

El desnivel verdadero entre A y B es BB'' , mientras que el aparente es BB'

Figura 34. **Desnivel entre 2 puntos**



Fuente: FRANCO REY, Jorge. Nociones de Topografía. p. 111.

Desnivel aparente entre dos puntos, longitud de la vertical desde uno de ellos a un plano horizontal que pase por el otro.

Desnivel verdadero o real longitud de la vertical de uno de ellos a una superficie concéntrica con la Tierra que pase por el otro.

Desniv verd=Desniv Apar + Error esferic – Error refrac = Desniv + Error medio

La topografía determina que el desnivel, llamado desnivel aparente, (Bb) y el desnivel verdadero (Bb') no son el mismo, siendo la diferencia entre ambos el error cometido, y que estará en función del ángulo (α) que forman las verticales en (A) y en (B). El desnivel verdadero será:

$$Bb' = Bb'' + b''b'$$

Y

$$b''b' = Ob'' + Ob'$$

Por lo que siendo (R) el radio de la tierra y (h) la altitud del punto (A) sobre el nivel del mar, como superficie de comparación se tiene que:

$$Bb = \frac{Bb}{\cos \alpha} = \frac{R+h}{\cos \alpha} - (R+h)$$

Si de ambos miembros se resta el error aparente, se tiene el error cometido:

$$e = \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha} (R+h+Bb)$$

Siendo el menor valor de (e) para los valores de (Bb) y (h) iguales a cero, y suponiendo análogamente al razonamiento anterior para la proyección horizontal que ($\alpha=5'$), se obtiene para (e) un valor de 6,742 milímetros, error evidentemente no aceptable, ya que los desniveles deberán apreciarse, en muchos casos con precisión de milímetros. Para ($\alpha=10'$), ángulo que corresponde a una longitud medida en el terreno de 309 metros, en valor de (e) aun resultaría de 7,5 milímetros, tampoco despreciable en muchos casos, lo que demuestra que la altimétrica no se puede prescindir de considerar la curvatura terrestre.

5.5. Errores esfericidad, refracción y medio

Mayores de 1 500 metros si los ángulos verticales se miden con aproximación de 1 minuto, en 2 000 metros la curvatura y la refracción que producen una variación de aproximadamente medio minuto, que es la incertidumbre en la medida angular.

Se toma como origen la dirección del norte geográfico para calcular la declinación magnética. El meridiano que pasa por el norte magnético, es el meridiano magnético. La variación magnética varía con el espacio y con el tiempo, ya que los polos magnéticos están en movimiento.

Hay unas tablas anuales que sirven para valorar cada punto según la latitud y la longitud. Para medir la declinación magnética se toma como origen la dirección del norte geográfico.

Error por refracción o por reverberación se produce por la refracción de los rayos luminosos al subir el aire caliente que está en contacto con el suelo, provocando que las lecturas no sean las correctas, por lo cual es recomendable no trabajar en horas del medio día o cuando el sol le pega directamente al aparato.

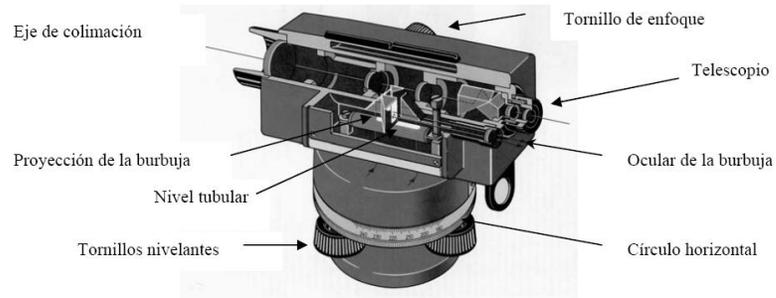
5.6. Tipos de niveles

El nivel topográfico, también llamado nivel óptico es un instrumento que tiene como finalidad la medición de desniveles entre puntos que se hallan a distintas alturas o el traslado de cotas de un punto conocido a otro desconocido.

5.6.1. Niveles convencionales

En las operaciones de nivelación, donde es necesario el cálculo de las diferencias verticales o desniveles entre puntos, al nivel tórico se le anexa un telescopio, una base con tornillos nivelantes y un trípode.

Figura 35. Nivel convencional



Fuente: SANTAMARÍA PEÑA, Jacinto. Topografía. p. 117.

5.6.2. Niveles automáticos

Los niveles automáticos de la serie C300, garantizan un rendimiento superior independientemente de las condiciones climáticas. Aparte de ser inmunes a las vibraciones, golpes y otras condiciones ambientales, los modelos C300 son completamente resistentes a la lluvia y a las salpicaduras accidentales. Incluso en caso de cambios atmosféricos.

Figura 36. Nivel automático



Fuente: SANTAMARÍA PEÑA, Jacinto. Topografía. p. 117.

5.7. Miras alimétricas

Las miras son un estadal dividido en partes del sistema métrico (metros, centímetros, etc). Cada unidad de mira se multiplica por K, que es 100 y se obtiene la medida real.

Miras mudas: no tienen numeraciones, para medir hay que hacer que coincida un hilo estadimétrico con la medida y se cuentan las unidades.

Miras parlantes: tienen numeración y se puede medir en cualquier parte.

Para medir con visuales inclinadas: hay que proceder al cálculo de la distancia sin inclinar la vara. Para que la mira de la distancia, habría que colocar la mira paralela al plano de la focal.

5.8. Libreta planimétrica

La libreta planimétrica, es la que sirve para llevar el control de la manera más ordenada posible los datos recopilados en campo para luego obtener los datos necesarios para sacar las elevaciones del perfil longitudinal del terreno natural del eje de un camino por ejemplo.

Una de las técnicas recomendables para la realización de una libreta planimétrica, es utilizar un cuaderno de espiral, el cual del lado izquierdo se colocan las columnas que serán útiles para escribir los datos que se recopilan en el trabajo y del lado derecho se dibuja un croquis de los puntos que se están levantando, así como la mayor cantidad de detalles posibles que ayuden a hacer memoria de cálculo a la hora de estar digitalizando los valores obtenidos.

5.9. Tipos de errores

Todas las operaciones en topografía están sujetas a las imperfecciones propias de los aparatos, dispositivos o elementos, a la capacidad propia de los operadores de los mismos y a las condiciones atmosféricas; por lo tanto ninguna medida en topografía es exacta en el sentido de la palabra. No hay que confundir los errores con las equivocaciones. Mientras que los errores siempre están presentes en toda medición debido a las limitaciones aludidas, las equivocaciones son faltas graves ocasionadas por descuido, distracción, cansancio o falta de conocimientos.

5.9.1. Sistemáticos

Para condiciones de trabajo fijo, en el campo son constantes y del mismo signo, por lo tanto son acumulativos; siguen siempre una ley definida matemática o física y se pueden determinar, así como corregir aplicando métodos matemáticos en el trabajo de campo o aplicando correcciones a las medidas por ejemplo: en medidas de ángulos, en aparatos mal graduados o arrastre de graduaciones en el tránsito, cintas o estadales mal graduadas, error por temperatura.

5.9.2. Accidentales

Los errores accidentales, son los que se cometen por diferentes circunstancias que se dan, entre ellas la poca concentración que se tengan a la hora de estar haciendo el trabajo o por distracciones involuntarias que se den, lo cual hace que se anoten valores que no correspondan a las lecturas dadas por el aparato.

5.10. Nivelación

Nivelación es un término genérico que se aplica a cualquiera de los diversos procedimientos, a través de los cuales se determinan elevaciones o diferencias entre las mismas. Es una operación fundamental para tener los datos necesarios para la elaboración de mapas o planos de configuración y en proyectos de obras de Ingeniería Civil.

5.10.1. Nivelación trigonométrica o por pendientes

Esta nivelación es un poco más compleja de calcular. Y es de la siguiente forma:

En el campo se estaciona el aparato (taquímetro o estación total) y se visa a la mira, y se anota la lectura de los hilos, el ángulo vertical, y la altura de la estación (desde el suelo, hasta el eje de muñones). Y en el gabinete lo único que hay que hacer es aplicar la siguiente fórmula:

$$\Delta z = t + i - m$$

Donde:

$t = \text{distancia reducida} \cdot \text{Cotang}V = dr \cdot \text{tang } \alpha$

$i = \text{altura de la estación}$

$m = \text{lectura hilo medio}$

Para compensar errores, depende de los datos que se tengan y como sea el itinerario.

Si el itinerario es cerrado, el error será lo que varíe de 0 la suma de todos los desniveles.

Si es encuadrado, el error será lo que varíe la suma de desniveles, respecto a la diferencia de cotas de salida y llegada.

La compensación en ambos casos se hace igual, se coge el valor a compensar en total, y se divide entre la cantidad de desniveles a compensar. El valor para compensar tiene que tener 3 decimales, por lo tanto si después de dividirlo tiene más, habrá que ir redondeando por exceso y defecto, para que al final al volver a sumar compensen el error por completo. Como habrán salido datos compensados por exceso y por defecto, los de mayor valor servirán para compensar los desniveles mayores, y los de menor valor para compensar los desniveles menores.

La radiación, la poligonal y la intersección directa se hacen igual, salvo que al final hay que añadirles estos cálculos.

5.10.2. Nivelación trigonométrica simple y compuesta a cortas distancias

Manteniéndose dentro de los límites del campo topográfico altimétrico a fin de despreciar los efectos de curvatura y refracción al considerar la tierra como plana, se puede definir la nivelación trigonométrica como el método de nivelación que utiliza ángulos verticales para la determinación del desnivel entre dos puntos.

5.10.3. Nivelación trigonométrica a largas distancias

En esta clase de nivelación se miden ángulos verticales y distancias horizontales; las diferencias de nivel se calculan trigonométricamente. Los ángulos verticales se pueden medir a partir de la horizontal (ángulo de pendiente) o a partir del cenit (ángulo cenital), siendo este último lo más conveniente, el ángulo vertical debe medirse varias veces, la mitad de ellas con el anteojo en posición directa y la otra mitad con el anteojo transitado; así se obtendrá una mejor estimación del verdadero valor del ángulo, eliminando además, posibles errores por falta de corrección del aparato.

5.10.4. Tolerancia y compensación de los errores de cierre

La nivelación diferencial requiere de cierta precisión y tolerancia en los errores cometidos durante la ejecución de la nivelación y para garantizar los trabajos de ingeniería.

Tolerancia para la nivelación diferencial y de perfil.

$$T = 0,01 \sqrt{K}$$

Donde:

T = tolerancia en mm

K = constante expresada en kilómetros y se obtiene de la suma de las distancias niveladas de ida y vuelta.

Nivelación de ida y regreso: se realiza siguiendo la misma ruta o por otra diferente, tiene la ventaja de eliminar errores por acumulación, en este método se parte de un banco de nivel de cota conocida o arbitraria y se llega a un

extremo final o a un banco de nivel, por diferencia de elevaciones se obtiene el desnivel total entre ambos bancos de nivel.

5.11. Libreta topográfica

Se denominaran los cálculos que han de realizarse a la terminación del trabajo de campo.

El objetivo va a ser la representación de la geometría del terreno y materializar puntos (fabricar un plano).

5.11.1. Nivelación diferencial

Consiste en medir las distancias verticales y elevaciones de manera directa. Se realiza con el objetivo de establecer puntos de control mediante el corrimiento de una cota, entendiéndose como tal las operaciones encaminada a la obtención de la elevación de un punto determinado, partiendo de otro conocido. La nivelación geométrica o diferencial se clasifica en simple o compuesta.

Instrumento para la nivelación directa

Nivel de albañil

Entre los niveles de albañil se encuentra el de manguera, que se llena de agua, la cual permite llevar una marca fija a otro lugar cualquiera a la misma altura, este nivel se usa por lo regular en obras de pequeñas dimensiones, como puede ser una casa de habitación en donde el error es inapreciable,

regularmente lo utilizan para la excavación de cimentaciones, desplante de muros, niveles de losas, niveles de piso terminado, etc.

Nivel de mano

Consiste en un tubo de aproximadamente 15 centímetros, sin lentes, con un pequeño nivel cuya burbuja puede verse por el interior del tubo mediante un espejo o prisma que ocupa la mitad del tubo. Por la otra mitad se ve el exterior para dirigir la visual mediante un alambre que atraviesa el tubo. Este aparato sirve para dirigir visuales horizontales y se sostiene con la mano, es muy útil en terreno accidentado y puede servir para obtener las elevaciones de cota redonda en la configuración de una vía de comunicación.

Nivel de montaje rápido (teodolito)

El teodolito, es un instrumento de medición mecánico-óptico universal que sirve para medir ángulos verticales y sobre todo, horizontales, ámbito en el cual tiene una precisión elevada. Con otras herramientas auxiliares puede medir distancias y desniveles.

Es portátil y manual; está hecho con fines topográficos e ingenieriles, sobre todo en las triangulaciones. Con ayuda de una mira y mediante la taquimetría, puede medir distancias. Un equipo más moderno y sofisticado es el teodolito electrónico, y otro instrumento más sofisticado es otro tipo de teodolito más conocido como estación total.

Básicamente, el teodolito actual, es un telescopio montado sobre un trípode y con dos círculos graduados, uno vertical y otro horizontal, con los que se miden los ángulos con ayuda de lentes.

Por lo tanto si se coloca un teodolito convencional, de tal manera que su cenit sea 90 grados, se obtiene un aparato el cual se puede utilizar para realizar cálculos alimétricos como se haría con los niveles convencionales descritos anteriormente.

Nivel automático y nivel fijo

En la actualidad existen varios tipos de niveles con estas características, los hay del tipo *dummy*, niveles basculantes y niveles automáticos y todos tienen como características esenciales una línea de visual y un tubo de nivel de burbuja, o algún otro medio de hacer que la línea de visual sea horizontal.

Su uso es muy común en obras de mayores dimensiones, en donde se requiere mayor precisión en el control vertical de las mismas.

5.11.2. Nivelación por taquimetría

Es aquella en la cual desde un punto o una sola posición del aparato se puede conocer las cotas o elevaciones de los diferentes puntos que se desean nivelar. En este se sitúa el nivel en el punto más conveniente, el cual ofrezca mejores condiciones de visibilidad. La primera lectura se hace sobre el estadal colocada en el punto estable y fijo que se toma como un BM el cual podrá ser conocido o asumido.

Para ejemplificar de mejor manera se utilizó en el cálculo de las cotas partiendo de un valor asumido (cota) en este caso fue mil y luego aplicando fórmulas para el cálculo de la altura de instrumento y la cota de nivelación, se obtuvieron los datos necesarios para representar gráficamente el perfil.

Es posible utilizar diferentes métodos de nivelación, tales como:

- Nivelación directa: que comporta la medición directa de las diferencias de nivel; se trata del método usado más frecuentemente.
- Nivelación indirecta: que comporta el cálculo de las diferencias de altura a partir de las pendientes y distancias horizontales medidas.

Nivelación directa

La nivelación directa permite medir ya sea la altura de los puntos, como la diferencia de nivel entre diversos puntos mediante un nivel y una mira graduada.

Existen dos tipos de nivelación directa:

- La nivelación diferencial
- La nivelación de perfiles

Cuando se lleva a cabo una nivelación directa, se determina la diferencia de nivel de puntos que están a una cierta distancia unos de otros. La nivelación directa más sencilla, consiste en medir sólo dos puntos, A y B, a partir de una estación central, EN. También puede ser necesario determinar la diferencia de nivel entre:

- Varios puntos A, B, ... E, observados desde una sola estación de nivelación, EN.

- Varios puntos A, ... F, observados desde una serie de estaciones de nivelación, EN1, ... EN6, por ejemplo.

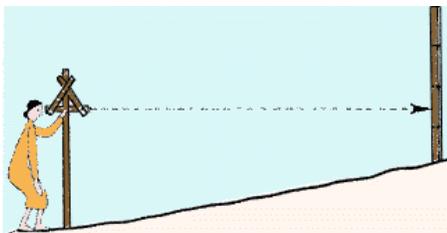
Cuando se lleva a cabo una nivelación de perfil, se determina el nivel o cota de puntos situados a intervalos regulares a lo largo de una línea conocida, tal como el eje de un canal de alimentación de agua o el eje longitudinal de un valle.

Este tipo de nivelación permite determinar la altura de diferentes puntos de un perfil transversal.

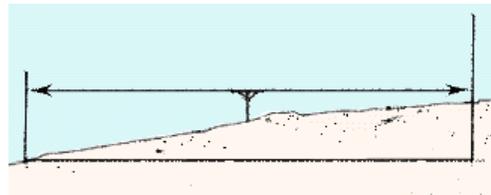
También se puede usar la nivelación directa para determinar las alturas necesarias para el trazado de curvas de nivel y líneas de pendiente constante, en cuyo caso se combina la nivelación diferencial y la nivelación de perfiles.

Figura 37. **Nivelación diferencia y de perfil**

Nivelación diferencial



Nivelación de perfil



Fuente: FRANCO REY, Jorge. Topografía y geodesia. p. 119.

Ejemplo:

Tabla V. **Libreta de campo nivelación**

Estación	Punto Observado	Azimut			Distancia	Observaciones
		Grados	Minutos	Segundos		
E-0	E-1	95	30	20	45,86	Estación
E-1	E-2	32	25	10	86,25	Estación

Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Procedimientos topográficos. p. 119.

Fórmulas

Altura de instrumento = vista atrás + cota inicial

Cota de nivelación = altura de Instrumento - vista adelante

Tabla VI. **Libreta de campo calculada**

Punto observado	Vista atrás	Altura de instrumento	Vista adelante	Cota de nivelación
E-1		1001,51	2,1	999,41
E-0 = B.M.	1,51	1001,51		1000
0+020		1001,51	2,55	998,96
0+040		1001,51	3,78	997,73
P.V.	0,56	998,22	3,85	997,66
E-2			1,46	996,76

Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Procedimientos topográficos. p. 119.

6. TRABAJOS DE GABINETE

6.1. Digitación y verificación de datos

Inicialmente se procede a ordenar los datos provenientes de los registros de campo, con el objetivo de organizar separadamente la información del polígono base y los datos de las radiaciones. Hecha la operación se procede a efectuar separadamente las etapas enumeradas que se describen a continuación:

Tabla VII. **Etapas para la digitación de datos**

Etapa 1	Ajuste y cálculo de las coordenadas totales del polígono base
Etapa 2	Calculo de las coordenadas totales del polígono real
Etapa 3	Determinación del rumbo y distancia horizontal de los linderos que conforman el polígono real

Fuente: SANTAMARÍA PEÑA, Jacinto. Apuntes de topografía. p. 114.

Etapa 1: en esta etapa se ha de compensar con el posible error de cierre en distancia, cometido a lo largo del levantamiento topográfico, ello en vista que es sobre el polígono base donde se realiza el caminamiento. La etapa finaliza con la información de las coordenadas totales compensadas de un polígono base geométrica y matemáticamente completo.

Etapa 2: la determinación de las coordenadas totales de los vértices del polígono real, se efectúa mediante la operación algebraica de la suma de las coordenadas totales compensadas de las estaciones del polígono base, más las coordenadas parciales de las radiaciones hechas desde dichas estaciones.

Etapa 3: con la determinación de la libreta de acompañamiento a través del desarrollo del regreso de la poligonal, se complementa la información necesaria para poder elaborar y presentar el plano topográfico del terreno en estudio.

Como se puede apreciar en los párrafos anteriores, la conformación del trabajo de gabinete de un terreno levantado por medio de radiaciones a partir de un polígono base, resume los procedimientos detallados en los capítulos anteriores.

6.2. Cálculos de áreas

Uno de los principales objetivos de los levantamientos topográficos es la determinación del área de las zonas o parcelas a que el levantamiento se refiere, de igual manera la medición de áreas sobre mapas es indispensable en trabajos o proyectos de Ingeniería Civil.

6.2.1. Cálculo por métodos geométricos

Este método consiste en descomponer la zona, cuya área se desea calcular, en figuras geométricas regulares como cuadriláteros, triángulos, trapecios, etc. Sin embargo, la figura geométrica más empleada es el triángulo.

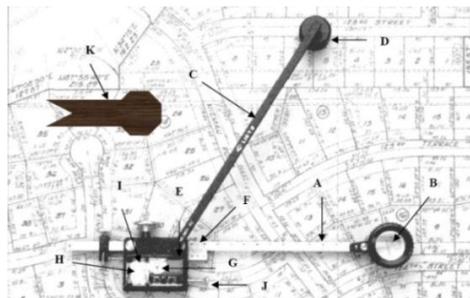
Los métodos geométricos se fundamentan en el conocimiento de coordenadas cartesianas de los vértices que definen el terreno. Entre los métodos de mayor aplicación se encuentran el cálculo de áreas con planímetro, el método de dobles distancias paralela y método matricial o de coordenadas totales.

6.2.2. Cálculo con planímetro

El planímetro, es un instrumento que se utiliza para medir áreas sobre mapas, consta de un brazo trazador, ajustable, que está en relación con la escala del mapa. Un extremo del brazo se halla unido a otro, denominado brazo polar, en el otro extremo posee una mirilla o un punzón trazador con el que se recorre el perímetro del área que se ha de medir, en el sentido de las manecillas del reloj.

El planímetro que se muestra en la figura 38, consta de un brazo trazador con graduación en centímetros y milímetros [A] en cuyo extremo va colocado el punto trazador dentro de una lupa [B] que aumenta la imagen del perímetro que se está recorriendo; un brazo polar [C] sujeto en un extremo al anclaje [D] y en su otro extremo un pivote [E]; un vernier [F] para tomar las lecturas del brazo trazador; un disco graduado [G] para contar el número de revoluciones enteras del tambor graduado [H] y un vernier [I] para determinar con mayor precisión una revolución parcial; un dispositivo [J] para colocar en cero las lecturas del tambor y del disco; un calibrador [K] para determinar la constante de proporcionalidad.

Figura 38. Planímetro polar mecánico



Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Topografía Plana. p. 118.

Cuando se emplea la tabla de constantes que trae el planeamiento, se gradúa el brazo trazador colocándolo en la posición correspondiente a la escala del mapa, se recorre el perímetro del área con la mirilla y se lee el valor de la superficie del terreno en el disco graduado del instrumento.

El área se calcula según la ecuación: $A = \bar{K} \cdot L$

Donde:

A = área (m)

K = constante del planímetro según escala del mapa (m²)

L = lecturas del promedio con el planímetro, de la figura cuya área se desea conocer (adimensional)

Procedimiento:

Cuando no se usa la tabla y se desea calcular el área de un terreno sobre un mapa (ejemplo 1:1.000), se procede de la siguiente forma:

Se coloca el brazo trazador en cualquier posición. Ejemplo 1:15

Se gradúan; el disco y el nonio del instrumento en ceros y se recorre el perímetro de un área conocida, que puede ser un cuadrado de 1X1 centímetros y cuya superficie en el terreno, en escala 1:10 000 corresponde a un cuadrado de 100 X 100 metros y área de 10 000 metros cuadrados, la lectura para este cuadrado en el planímetro es de 0,1.

La constante será: $A = K \cdot L$ $K = A / L$

$K = 10\,000 \text{ m}^2 / 0,1 = 100\,000 \text{ m}^2 = 10 \text{ Has}$

Se colocan el disco y el nonio, nuevamente en ceros y se recorre el perímetro del área que se requiere medir, de la cual se harán 3 lecturas, que luego se promedian. (ejemplo 0,65)

Finalmente el área se calcula a partir de la ecuación ya mencionada.

$$A = K \cdot L$$

Ejemplo: $A = 10 \text{ Has.} (0,65) = 6,5 \text{ Has.}$

6.2.3. Por dobles distancias paralelas

El sistema llamado dobles distancias, es en esencia lo mismo que el de coordenadas.

Tomando el eje (y) como meridiano, la (x) de cada vértice será su distancia al meridiano, y la superficie de un trapecio formado por un lado será:

$$\text{sup.} = 1/2 (\text{dist. de un extremo} + \text{dist. del otro extremo}) \text{ proy. y del lado.}$$

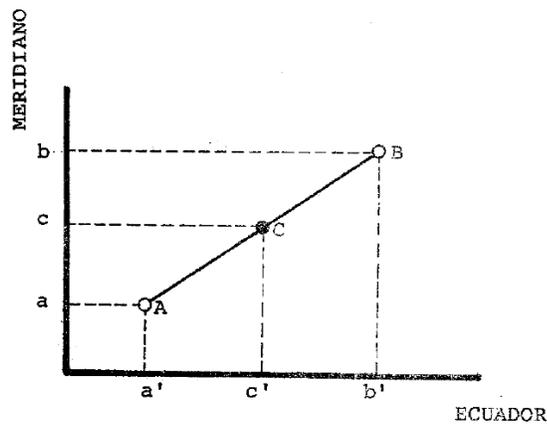
El término entre paréntesis es la DDM del alto.

Este sistema es adecuado para emplearlo con máquina calculadora, pues al ir calculando en orden las DDM, no hay que borrar en la máquina, la DDM del lado anterior sirve para calcular la siguiente, ya que la DDM de un lado = (DDM del lado anterior) - (x del vértice anterior) + (x del vértice siguiente).

Finalmente, tabulando las DDM, la suma de sus productos por la proyección en Y de cada lado da el doble de la superficie del polígono. El signo de los productos, que se separan en dos columnas, lo da el signo de la proyección en Y.

Asumiendo una recta cualquiera tal como la definida por los puntos A-B de la figura.

Figura 39. **Recta meridiano-ecuador**



Fuente: MONTES DE OCA, Miguel. Topografía. p. 124.

Tabla VIII. **Distancias al meridiano (DM) y al ecuador (DE)**

DISTANCIA AL MERIDIANO (DM)	DISTANCIA AL ECUADOR (DE)
Aa	Aa'
Bb	Bb'

Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Topografía plana. p. 104.

Se denomina distancia al meridiano (DM), a la magnitud de las coordenadas totales en longitud de cada uno de sus puntos. Aa y Bb respectivamente.

Se denomina distancia al ecuador (DE), a la magnitud de la coordenada total en latitud de cada uno de sus puntos Aa' y Bb' respectivamente.

Se denomina distancia de una línea al valor de las distancias al meridiano (DM) o distancia al ecuador (DE) de dicha línea. Cc o Cc' respectivamente.

$$Cc = \frac{Aa + Bb}{2} \qquad Cc' = \frac{Aa' + Bb'}{2}$$

Las expresiones Cc y Cc' respectivamente, representan el promedio de las longitudes totales y latitudes totales de los puntos extremos que definen a la línea.

Se reconoce a 2Cc y 2Cc', como las expresiones matemáticas que definen a la doble distancia al meridiano (DDM) y doble distancia al ecuador (DDE) de una línea cualquiera.

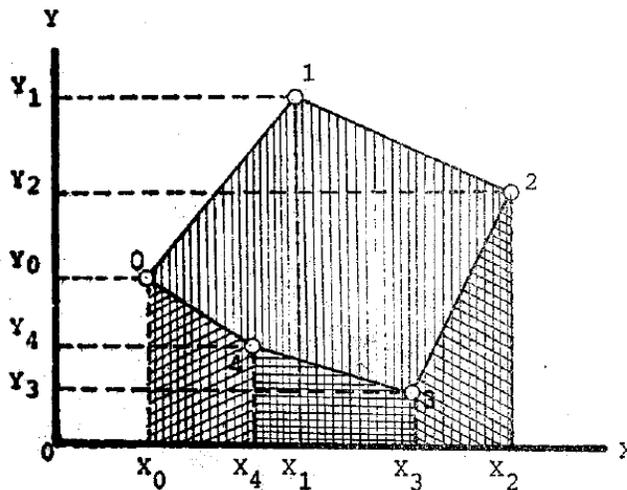
$$2Cc = Aa + Bb \text{ (DDM)} \qquad 2Cc' = Aa' + Bb' \text{ (DDE)}$$

Método de dobles distancias al ecuador

Es un método basado en el conocimiento de las coordenadas parciales y coordenadas totales de los puntos que constituyen el polígono real en un terreno.

Para poder visualizar el fundamento matemático del presente método obsérvese, la figura 40 la cual constituye un polígono que representa de modo general cualquier superficie topográfica.

Figura 40. **Polígono cualquiera**



Fuente: LÓPEZ-CUERVO, Serafín. Topografía. p. 128.

Tabla IX. **Coordenadas totales**

EST	P.O.	XT	YT	DDE
0	1	X1	Y1	Y0+Y1
1	2	X2	Y2	Y1+Y2
2	3	X3	Y3	Y2+Y3
3	4	X4	Y4	Y3+Y4
4	0	X0	Y0	Y4+Y0

Fuente: DOMÍNGUEZ GARCÍA, Francisco. Topografía abreviada. p. 108

Fundamento matemático del método DDE

Como se aprecia en la figura 40 el área limitada, por los puntos 0-1-2-3-4-0, puede quedar definida por la diferencia entre las superficies X_0 , 0,1,2, X_2 , X_0 y X_0 ,0,4,3,2, X_2 , X_0 .

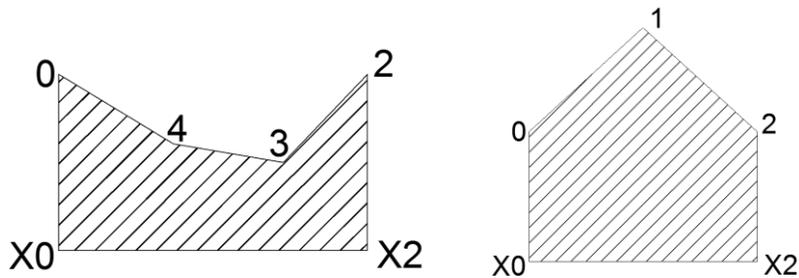
Área del polígono = Área de A – Área de B (Ecuación 1)

En donde:

Área de A = X_0 , 0, 1, 2, X_2 , X_0

Área de B = X_0 , 0, 4, 3, 2, X_2 , X_0

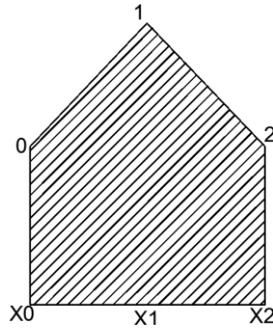
Figura 41. **Polígonos a calcular**



Fuente: LÓPEZ-CUERVO, Serafín. Topografía. p. 158.

- Desarrollar el área de los trapecios que conforman el Área A

Figura 41. **Polígono A**



Fuente: LÓPEZ-CUERVO, Serafín. Topografía. p. 161.

Área A = X0, 0, 1, X1, X0 + X1, 1, 2, X2, X1

Lo que equivale a indicar



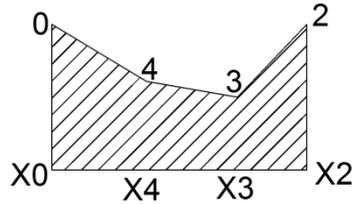
$$\text{Área A} = \frac{Y_0+Y_1}{2}(X_1 - X_0) + \frac{Y_1+Y_2}{2}(X_2 - X_1) \text{ (Ecuación 2)}$$

En donde los términos A y C representan las distancias al ecuador de los linderos 0-1 y 1-2 respectivamente, mientras que los términos B y D constituyen las longitudes parciales de los P.O. de cada lindero.

- Desarrollar el área de los trapezios que conforman el área B

Área B = X2, 2, 3, X3, X2 + X3, 3, 4, X4, X3 + X4, 4, 0, X0, X4

Figura 43. **Polígono B**



Fuente: LÓPEZ-CUERVO, Serafín. Topografía. p. 161.

Lo que equivale a indicar:



$$\text{Área B} = \frac{Y_2+Y_3}{2}(X_3 - X_2) + \frac{Y_3+Y_4}{2}(X_4 - X_3) + \frac{Y_4+Y_0}{2}(X_0 - X_4)$$

(Ecuación 3)

En donde los términos E, G e I constituyen la distancia al meridiano de los linderos 2-3, 3-4, y 4-0 respectivamente, mientras que los términos F, H y J representan las longitudes parciales de los P.O. de cada lindero.

- Sustituir las ecuaciones 2 y 3 en la ecuación 1

Área del polígono

$$= \left[\frac{Y_0 + Y_1}{2}(X_1 - X_0) + \frac{Y_1 + Y_2}{2}(X_2 - X_1) \right] - \left[\frac{Y_2 + Y_3}{2}(X_3 - X_2) + \frac{Y_3 + Y_4}{2}(X_4 - X_3) + \frac{Y_4 + Y_0}{2}(X_0 - X_4) \right]$$

Operando la expresión anterior:

$$\begin{aligned} & \textcircled{K} \quad \textcircled{L} \quad \textcircled{M} \quad \textcircled{N} \\ \text{Área del Polígono} = & [(Y_0+Y_1)(X_1-X_0) + (Y_1+Y_2)(X_2-X_1) - \\ & \textcircled{\tilde{N}} \quad \textcircled{O} \quad \textcircled{P} \quad \textcircled{Q} \quad \textcircled{R} \quad \textcircled{S} \\ & (Y_2+Y_3)(X_3-X_2) - (Y_3+Y_4)(X_4-X_3) - (Y_4+Y_0)(X_0-X_4)] * 1/2 \end{aligned}$$

En donde los términos K, M, Ñ, P y R, representan las DDE de los linderos 0-1, 1-2, 2-3, 3-4, y 4-0 respectivamente, mientras los términos L, N, O, Q y S, constituyen las longitudes parciales de los puntos observados en cada lindero.

En conclusión puede indicarse que el área de un polígono cualquiera calculado por el método del DDE resulta ser igual a: el valor absoluto de la semisuma algebraica de los productos de las DDE de cada lindero, multiplicada por la longitud parcial de los puntos observados del correspondiente lindero.

$$\text{Área del polígono} = \left[\frac{\sum (Y_n + Y_{n+1}) * (X_{n+1} - X_n)}{2} \right]$$

Donde:

Y_n = Latitud total de la estación

Y_{n+1} = Latitud total del punto observado

X_n = Longitud total de la estación

X_{n+1} = Longitud total del punto observado

La expresión $(X_{n+1} - X_n)$, es equivalente a la longitud parcial del punto observado.

Ejemplo:

Conociendo las coordenadas parciales y totales de los vértices de un terreno. Determinar el área del terreno del mismo por medio del sistema de dobles distancias al ecuador.

Tabla X. Información básica de gabinete

n Est.	n+1 P.O.	Coordenadas Parciales		Coordenadas Totales	
		Longitud	Latitud	Longitud	Latitud
0	1	1,208,144	-23,497	1,208,144	-23,497
1	2	-59,049	-2,230,045	1,149,095	-2,253,542
2	3	-1,793,767	61,058	-644,672	-2,192,484
3	4	-0,5592	1,102,486	-650,264	-1,089,998
4	5	55,018	-15,374	-100,084	-1,105,372
5	0	100,084	1,105,372	0	0

Fuente: POLIDURA, Francisco Javier. Topografía geodesia y cartografía. p. 117.

- Calcular la DDE de cada uno de los linderos $YT_n + YT_{n+1}$
- Multiplicar el valor de la DDE por la longitud parcial de los P.O., de cada linderero. $(DDE * XP_{n+1})$
- Calcular el área del polígono $\left(\frac{\sum DDE * XP_{n+1}}{2} \right)$

Tabla XI. **Cálculo de área**

n	n+1	Coordenadas Parciales		Coordenadas Totales		DDE	DDE * Long Parciales
		Longitud	Latitud	Longitud	Latitud		
0	1	1,208,144	-23,497	1,208,144	-23,497	-23,497	-2,838,776
1	2	-59,049	-2,230,045	1,149,095	-2,253,542	-2,277,039	134,456,876
2	3	-1,793,767	61,058	-644,672	-2,192,484	-4,446,026	797,513,472
3	4	-0,5592	1,102,486	-650,264	-1,089,998	-3,282,482	183,556,393
4	5	55,018	-15,374	-100,084	-1,105,372	-219,537	-12,078,487
5	0	100,084	1,105,372	0	0	-1,105,372	-11,063,005
							678 108,076

Fuente: POLIDURA, Francisco Javier. Topografía geodesia y cartografía. p. 117.

$$\text{Área} = 67\ 810,8076/2$$

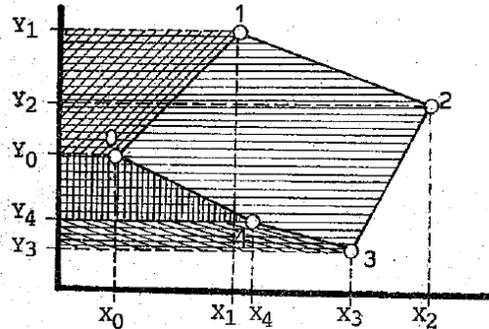
$$\text{Área} = 33\ 905,4038\ \text{m}^2$$

Método de dobles distancias al meridiano

Al igual que el método anterior se basa en el conocimiento de las coordenadas parciales y totales de los vértices del terreno.

Para comprender el fundamento matemático del método de DDM, obsérvese la figura y su respectivo análisis, el cual representa de modo general cualquier polígono cerrado.

Figura 44. **Polígono con 5 vértices**



Fuente: POLIDURA, Francisco Javier. Topografía geodesia y cartografía. p. 131.

Tabla XII. **Cálculo de área**

EST.	P.O.	XT	YT	DDM
0	1	X1	Y1	X0+X1
1	2	X2	Y2	X1+X2
2	3	X3	Y3	X2+X3
3	4	X4	Y4	X3+X4
4	0	X0	Y0	X4+X0

Fuente: POLIDURA, Francisco Javier. Topografía geodesia y cartografía. p. 131.

Fundamento matemático del método DDM

El área del polígono 0, 1, 2, 3, 4, 0, está definida por la diferencias entre las superficies $Y_1, 1, 2, 3, Y_3, Y_1$ y $Y_1, 1, 0, 4, 3, Y_3, Y_1$.

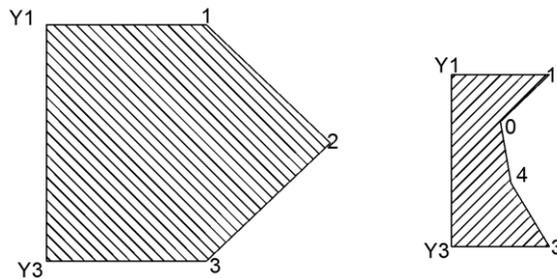
$$\text{Área del polígono} = \text{Área de A} - \text{Área de B (Ecuación 1)}$$

Donde:

Área de A = $Y_1, 1, 2, 3, Y_3, Y_1$

Área de B = $Y_1, 1, 0, 4, 3, Y_3, Y_1$

Figura 45. **Polígonos cualquiera**

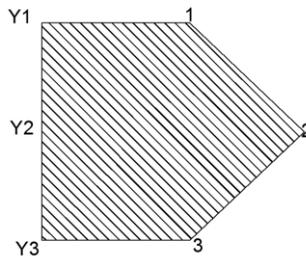


Fuente: POLIDURA, Francisco Javier. Topografía geodesia y cartografía. p. 135.

- Desarrollando el área de los trapecios que conforman el Área A

Área A = $Y_1, 1, 2, Y_2, Y_1 + Y_2, 2, 3, Y_3, Y_2$

Figura 46. **Polígono cualquiera A**



Fuente: POLIDURA, Francisco Javier. Topografía geodesia y cartografía. p. 135.

Lo que equivale a indicar:

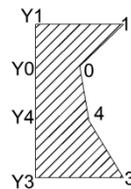
$$\begin{array}{cccc} \textcircled{A} & \textcircled{B} & \textcircled{C} & \textcircled{D} \\ \text{Área de A} = \frac{X_1+X_2}{2}(Y_2 - Y_1) + \frac{X_2+X_3}{2}(Y_3 - Y_2) & & & \text{(Ecuación 2)} \end{array}$$

En donde los términos A y C representan las distancias al meridiano de los linderos 1-3 y 2-3 respectivamente, mientras que los términos B y D se constituyen en las latitudes parciales de cada uno de los puntos observados de los linderos respectivos.

- Desarrollar el área de los trapezios que conforman el Área B

$$\text{Área B} = Y_1, 1, 0, Y_0, Y_1 + Y_0, 0, 4, Y_4, Y_0 + Y_4, 4, 3, Y_3, Y_4$$

Figura 47. **Polígono cualquiera B**



Fuente: POLIDURA, Francisco Javier. Topografía geodesia y cartografía. p. 135.

Lo que equivale a indicar:

$$\begin{array}{cccccc} \textcircled{E} & \textcircled{F} & \textcircled{G} & \textcircled{H} & \textcircled{I} & \textcircled{J} \\ \text{Área de B} = \frac{X_0+X_1}{2}(Y_1 - Y_0) + \frac{X_4+X_0}{2}(Y_0 - Y_4) + \frac{X_3+X_4}{2}(Y_4 - Y_3) & & & & & \\ & & & & & \text{(Ecuación 3)} \end{array}$$

En donde los términos E, G e I representan las distancias al meridiano de los linderos 0-1, 4-0 y 3-4 respectivamente, mientras que los términos F, H y J se constituyen en las latitudes parciales de los puntos observados de los respectivos linderos.

- Sustituir las ecuaciones 2 y 3 de la ecuación 1.

Área del polígono

$$= \left[\frac{X1 + X2}{2} (Y2 - Y1) + \frac{X2 + X3}{2} (Y3 - Y2) \right] - \left[\frac{X0 + X1}{2} (Y1 - Y0) + \frac{X4 + X0}{2} (Y0 - Y4) + \frac{X3 + X4}{2} (Y4 - Y3) \right]$$

Operando de la expresión anterior:

$$\begin{matrix} \textcircled{K} & \textcircled{L} & \textcircled{M} & \textcircled{N} \end{matrix}$$

$$\text{Área del Polígono} = [(X1+X2)(Y2-Y1) + (X2+X3)(Y3-Y2) -$$

$$\begin{matrix} \textcircled{\tilde{N}} & \textcircled{O} & \textcircled{P} & \textcircled{Q} & \textcircled{R} & \textcircled{S} \end{matrix}$$

$$(X0+X1)(Y0-Y1) - (X4+X0)(Y0-Y4) - (X3+X4)(Y4-Y3)] * \frac{1}{2}$$

En donde los términos K, M, Ñ, P y R, representan las DDM de los linderos que conforman el polígono, mientras los términos L, N, O, Q y S, constituyen las latitudes parciales de los puntos observados en cada linderos.

En conclusión puede indicarse que el área de un polígono cualquiera calculado por el método del DDM resulta ser igual a: el valor absoluto de la

semisuma algebraica de los productos de las DDM de cada lindero, multiplicada por la longitud parcial de los puntos observados del correspondiente lindero.

$$\text{Área del polígono} = \left[\frac{\sum (X_n + X_{n+1}) * (Y_{n+1} - Y_n)}{2} \right]$$

Donde:

Y_n = Latitud total de la estación

Y_{n+1} = Latitud total del punto observado

X_n = Longitud total de la estación

X_{n+1} = Longitud total del punto observado

La expresión $(Y_{n+1} - Y_n)$ es equivalente a la latitud parcial del punto observado.

Ejemplo:

Asumiendo los valores de las coordenadas parciales y totales representados en el ejemplo numérico anterior, para poder representar un comparativo con los resultados obtenidos por medio del método DDE.

Procedimiento analítico:

- Calcular la DDM de cada uno de los linderos $XT_n + XT_{n+1}$
- Multiplicar el valor de la DDM por la latitud parcial del punto observado del lindero correspondiente. (DDM * Y_{Pn+1})

- Calcular el área del polígono $\left(\frac{\sum DDM \cdot hP_{n+1}}{2} \right)$

Tabla XIII. **Cálculo de área**

n Est.	n+1 P.O.	Coordenadas Parciales		Coordenadas Totales		DDM	DDM * Long Parciales
		Longitud	Latitud	Longitud	Latitud		
0	1	1,208,144	-23,497	1,208,144	-23,497	1,208,144	-2,838,776
1	2	-59,049	-223,005	1,149,095	-2,253,542	2,357,239	-52567,49
2	3	-179,377	61,058	-644,672	-2,192,484	504,423	307,990,595
3	4	-0,5592	1,102,486	-650,264	-1,089,998	-1,294,936	-14,276,488
4	5	55,018	-15,374	-100,084	-1,105,372	-750,348	115,358,502
5	0	100,084	1,105,372	0	0	-100,084	-11,063,005
							-67 810,808

Fuente: POLIDURA, Francisco Javier. Topografía geodesia y cartografía. p. 117.

$$\text{Área} = |-67\ 810,808| / 2$$

$$\text{Área} = 33\ 905,4038$$

El Área del polígono es de 33 905,4038 m²

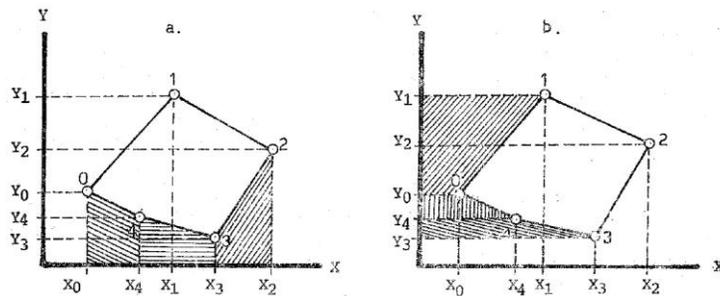
6.2.4. Por coordenadas

Es un método basado en el conocimiento de los valores de las proyecciones totales de los vértices del polígono de interés. El fundamento matemático para el cual se basa, es similar en su contexto geométrico al presentado por los métodos anteriores, es decir, detallan su análisis en la formación y desarrollo de las figuras trapezoides que conforman el polígono real.

El método de coordenadas totales o matriciales debe su nombre a que utiliza únicamente los valores de longitud y latitud total, los cuales se ordenan mediante un arreglo para el cálculo del área referida.

Para poder visualizar el fundamento matemático del presente método, obsérvese la figura 48.

Figura 48. Figuras trapezoidales



Fuente: POLIDURA, Francisco Javier. Topografía geodesia y cartografía. p. 134.

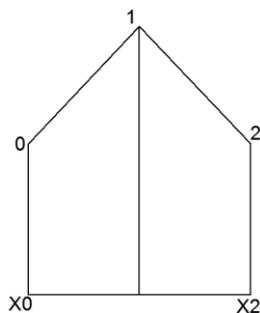
Como se puede observar en las figuras anteriores, no importa la forma de proyección de las figuras trapezoidales sobre el meridiano o ecuador del plano cartesiano, al final de la operatoria diferencial, el área o superficie de interés (sección no pintada) resulta ser la misma.

$$\text{Área del polígono} = \text{Área A} - \text{Área B}$$

$$0, 1, 2, 3, 4, 0$$

$$\text{Área A} = X_0, 0, 1, 2, X_2, X_0$$

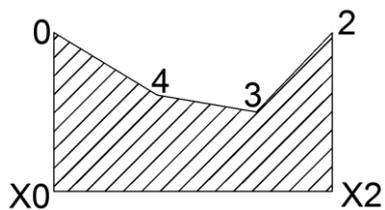
Figura 49. **Área A**



Fuente: POLIDURA, Francisco Javier. Topografía geodesia y cartografía. p. 136.

Área B = X0, 0, 4, 3, 2, X2, X0

Figura 50. **Área B**



Fuente: POLIDURA, Francisco Javier. Topografía geodesia y cartografía. p. 137.

- Determinar el área diferencial de los trapecios que conforman el polígono 0, 1, 2, 3, 4, 0

Área del polígono

$$= \left[\frac{Y_0 + Y_1}{2} (X_1 - X_0) + \frac{Y_1 + Y_2}{2} (X_2 - X_1) \right] \\ - \left[\frac{Y_0 + Y_4}{2} (X_4 - X_0) + \frac{Y_4 + Y_3}{2} (X_3 - X_4) \right] \\ + \frac{Y_3 - Y_2}{2} (X_2 - X_3) \Big]$$

- Desarrollar el área de los trapecios que se consideran en la expresión anterior.

Área del polígono

$$= \left[\frac{Y_0X_1 - Y_0X_0 + Y_1X_1 - Y_1X_0}{2} + \frac{Y_1X_2 + Y_1X_1 + Y_2X_2 - Y_2X_1}{2} \right] \\ - \left[\frac{Y_0X_4 - Y_0X_0 + Y_4X_4 - Y_4X_0}{2} + \frac{Y_4X_3 - Y_4X_4 + Y_3X_3 - Y_3X_4}{2} \right] \\ + \frac{Y_3X_2 - Y_3X_3 + Y_2X_2 - Y_2X_3}{2} \Big]$$

- Ejecutar las operaciones indicadas de la etapa anterior

$$2 \cdot \text{Área del polígono} = Y_0X_1 - Y_0X_0 + Y_1X_1 - Y_1X_0 + Y_1X_2 + \\ Y_1X_1 + Y_2X_2 - Y_2X_1 - Y_0X_4 + Y_0X_0 - Y_4X_4 + Y_4X_0 - Y_4X_3 + \\ Y_4X_4 - Y_3X_3 + Y_3X_4 - Y_3X_2 + Y_3X_3 - Y_2X_2 + Y_2X_3$$

- Eliminando los términos semejantes y ordenando la ecuación en función de sus signos y variables.

2*Área del Polígono

$$= [Y_0X_1 + Y_1X_2 + Y_2X_3 + Y_3X_4 + Y_4X_0] \\ - [Y_1X_0 + Y_2X_1 + Y_3X_2 + Y_4X_3 + Y_0X_4]$$

La expresión anterior es similar a la que se puede encontrar si se agrupan las coordenadas totales en forma matricial y se desarrolla su determinante, tal y como se observa a continuación:

Tabla XIV. **Ytotal y Xtotal**

P	YT	XT
0	Y0	X0
1	Y1	X1
2	Y2	X2
3	Y3	X3
4	Y4	X4
0	Y0	X0

Fuente: POLIDURA, Francisco Javier. Topografía geodesia y cartografía. p. 126.

Valor absoluto de:

$$2 \text{ Área} = \text{Sumatoria Algebraica del producto } YX \searrow \\ \text{Menos} \\ \text{Sumatoria Algebraica del producto } YX \nearrow$$

$$2 \text{ Área} = | \sum Y * X \searrow - \sum X * Y \nearrow |$$

2*Área del Polígono

$$= |[Y_0X_1 + Y_1X_2 + Y_2X_3 + Y_3X_4 + Y_4X_0] \\ - [Y_1X_0 + Y_2X_1 + Y_3X_2 + Y_4X_3 + Y_0X_4]|$$

Obsérvese que en el desarrollo matricial anterior, las coordenadas del primer vértice (punto 0 en este caso), son colocadas nuevamente al final del ordenamiento, ello es debido a que se habla de un polígono cerrado, razón por la cual, al ser utilizado este método en el cálculo del área de un polígono, es necesario volver a copiar las coordenadas totales del primer punto al final del ordenamiento de las mismas.

La posición de las columnas (Longitud-Latitud) o (Latitud-Longitud) no varía el valor absoluto de la determinante, por lo cual no interesa como estas se colocan en el registro de gabinete.

Ejemplo: asumiendo los datos de gabinete presentados en los ejercicios numéricos de los métodos DDM Y DDE. Establecer el área del polígono por medio del método matricial.

Procedimiento analítico:

- Copiar de las últimas coordenadas del polígono real, las coordenadas totales del primer punto observado.
- Determinar el valor del área del polígono por medio del desarrollo de la determinante. $2 \text{ Área} = | \sum Y^*X \searrow - \sum X^*Y \nearrow |$

Tabla XV. Cálculo de área

n	n+1	Coordenadas Parciales		Coordenadas Totales		Y*X	X*Y
		Longitud	Latitud	Longitud	Latitud		
0	1	1,208,144	-23,497	1,208,144	-23,497		-27,000,285
1	2	-59,049	-2,230,045	1,149,095	-2,253,542	-27,226,032	145,279,543
2	3	-1,793,767	61,058	-644,672	-2,192,484	-25,193,724	142,569,342
3	4	-0,5592	1,102,486	-650,264	-1,089,998	702,691,191	10,909,136
4	5	55,018	-15,374	-100,084	-1,105,372	718,783,618	0
5	0	100,084	1,105,372	0	0	0	0
						-38,205,008	296,057,992

Fuente: POLIDURA, Francisco Javier. Topografía geodesia y cartografía. p. 126.

$$2 \text{ Área} = | \sum Y*X - \sum X*Y |$$

$$2 \text{ Área} = | -38\ 205,008 - 29\ 605,7992 |$$

$$2 \text{ Área} = 67\ 810,8072$$

$$\text{Área} = 33\ 905,404 \text{ m}^2$$

6.3. Método de pensilvania

El método de pensilvania consiste en calcular coordenadas parciales por medio de utilización de las funciones trigonométricas seno y coseno, se asume que las coordenadas de la primera estación serán $X = 0,00$ y $Y = 0,00$, luego con el ángulo horizontal y distancia se obtienen las ΔX y ΔY , las cuales se suman algebraicamente para obtener las coordenadas totales.

Procedimiento:

- Reducir azimut, deflexiones, ángulos externos o internos, etc., a rumbos.

- Reducir distancias medidas a distancias horizontales:

$$\text{Dist H: } \begin{cases} \text{Lectura} \cdot \cos^2 v \text{ (con estadía), } v = \text{ángulo vertical} \\ \text{Distancia medida} \cdot \cos v \text{ (con cinta)} \end{cases}$$

- Multiplicar distancias horizontales por \cos (rumbo) = Latitudes parciales.

- Latitud norte (+), Latitud sur (-)

- Multiplicar distancias horizontal por Sen (rumbo) = Longitudes parciales.

Longitud este (+), longitud oeste (-)

- Sumar latitudes (nortes y sur), y longitudes (este y oeste) determinar diferencias.

$$\text{Dif. Latitudes} = (\Sigma \text{ norte}) - (\Sigma \text{ sur})$$

$$\text{Dif. Longitudes} = (\Sigma \text{ este}) - (\Sigma \text{ oeste})$$

- Encontrar error de cierre:

$$E_c = \sqrt{(\text{Dif. Latitudes})^2 + (\text{Dif. Longitudes})^2}$$

- Encontrar error unitario de cierre (Euc):

$$E_{uc} = E_c / (\Sigma \text{ Dist. H}) \leq 0,001$$

E_c = Error de cierre

$\Sigma \text{ Dist. H}$ = sumatoria de las distancias horizontales del polígono (perímetro)

- Compensar (Δ dif. Latitudes, Δ dif. Longitudes), proporcional a coordenadas parciales.

Por lo tanto:

Latitudes

Factor de corrección = M

$$M = (\text{Dif. Latitudes}) / (N + S)$$

Suma aritmética de nortes y sures (N + S)

Corrección i = M * Latitud

(Latitud = es cada latitud calculada)

Longitudes

Factor de corrección = N

$$N = (\text{Dif. Longitudes}) / (E + W)$$

Suma aritmética de estes y oestes (E + W)

$$\text{Corrección i} = N * \text{Longitud}$$

(Longitud = es cada longitud calculada)

- Calcular coordenadas parciales compensadas con su signo

- Calcular coordenadas totales, sumando algebraicamente las parciales compensadas.

Nota: con las coordenadas totales se puede calcular el área total del polígono, formando una matriz y multiplicando cruzado (ver ejemplo).

Se rectificará con el método de las dobles distancias:

- Calcular doble distancia al ecuador (DDE) y doble distancia al meridiano (DDM), sumando de dos en dos las coordenadas totales.
- Calcular doble área, multiplicando DDE por las longitudes compensadas (en cada estación), y sumando algebraicamente los resultados.
- Chequear lo anterior multiplicando DDM por latitudes compensadas (en cada estación) y sumando algebraicamente los resultados.

El resultado de área total por el método matricial debe ser igual al resultado de los numerales 12 y 13, siendo diferentes por decimales.

Ejemplo:

Tabla XVI. **Libreta de campo**

Estación	Punto Observado	Azimut			Distancia	Observaciones
		Grados	Minutos	Segundos		
E-0	E-1	95	30	20	45,86	Estación
E-1	E-2	32	25	10	86,25	Estación

Fuente: SANTAMARÍA PEÑA, Jacinto. Manual de prácticas de topografía y cartografía. p. 126.

$$\Delta X = \text{seno } (95,5055) * 45,86 = 45,6484$$

$$\Delta Y = \text{coseno } (95,5055) * 45,86 = -4,3999$$

$$\Delta X = \text{seno } (32,4194) * 86,25 = 46,2397$$

$$\Delta Y = \text{coseno } (32,4194) * 86,25 = 72,8075$$

Tabla XVII. **Coordenadas totales y parciales**

Estación	Punto Observado	X	Y	X total	Y total
E-0				0	0
E-0	E-1	456,484	-43,999	456,484	-43,999
E-1	E-2	462,397	728,075	918,881	684,076

Fuente: SANTAMARÍA PEÑA, Jacinto. Manual de prácticas de topografía y cartografía. p. 126.

CONCLUSIONES

1. En todo trabajo de ingeniería, es imprescindible tener el conocimiento de todos los factores que influyen en el cumplimiento de las labores topográficas. Es importante contar con el personal adecuado que cumpla con la correcta ejecución de las indicaciones entregadas por el profesional, que en este caso es el ingeniero civil.
2. Es necesario administrar muy bien los recursos tanto de personal como materiales y equipo necesario para la realización de los trabajos. El ingeniero civil debe ser el encargado de asesorar y ejecutar todo el desarrollo topográfico requerido para realizar el control del levantamiento que se esté llevando a cabo.
3. En terreno no se debe dejar nada al azar, la improvisación siempre genera costos innecesarios que ninguna empresa o entidad pública estará dispuesta a gastar más de lo necesario.
4. La ejecución de los proyectos es ambientalmente viable siempre que se cumplan con las medidas de mitigación propuestas y las establecidas por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; con ellas, su realización serán satisfactorios, sin afectar su entorno.
5. A través de la práctica en campo, se termina de complementar la formación profesional del estudiante ya que éste experimenta la confrontación teórica - práctica, y adquiere confianza y madurez para iniciar con mayor eficiencia el desempeño de su profesión.

RECOMENDACIONES

1. Concertar reuniones con las autoridades correspondientes antes de realizar visitas al lugar, ya que en muchos lugares los pobladores conjeturaron el ver llegar a personas que no pertenecen a su comunidad a realizar tareas que en algunos casos ellos no comprenden.
2. Implementar programas de capacitación hacia la población, sobre la importancia de la flora, fauna y las consecuencias que se dan en las áreas cercanas a los nacimientos de agua ya que muchas veces los trabajos tienen como fin el afectar el medio ambiente sin pensar en las consecuencias que esto lleva.
3. Para realizar este trabajo y desglosar los temas tratados anteriormente se investigó con datos que se utilizan el día de hoy, como se sabe cada día se actualizan muchos métodos y aparatos entre ellos las estaciones totales, actualmente, existen muchos métodos que están en función y tipos de instrumentos, sin importar las características y cuáles se empleen, lo importante es que se deben de cumplir con las exigencias que emplean los trabajos de manera eficiente para conseguir los objetivos deseados.
4. A pesar de que los conocimientos de un estudiante puedan ser muy amplios en este sentido, es necesario contar siempre con un guía o asesor que este constantemente al tanto de las tareas realizadas por el estudiante ya que la falta de experiencia ya en campo puede pesar mucho a la hora de hacer un trabajo real.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALBORS, J. M. *Ingeniería Civil: Topografía: Manual de planimetría*. España: Universidad de Alicante, 2000. 308 p.
2. ALCÁNTARA GARCÍA, Dante. *Curso básico de topografía*. México: McGraw-Hill, 1990. 583 p.
3. CASANOVA M., Leonardo. *Procedimientos topográficos*. Venezuela: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, 2002. 245 p.
4. CASTELLANOS NIÑO, Víctor Manuel. *Ingeniería Civil: Topografía: Levantamientos de control, explanaciones, túneles y otras aplicaciones*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 1994. 190 p.
5. FRANCO REY, Jorge. *Topografía y geodesia*. España: Universidad de Extremadura, 1999. 164 p.
6. GARCÍA MÁRQUEZ, Fernando. *Curso básico de topografía*. México: Pax, 2003. 309 p.
7. KOENING VEIGA, L. *Fundamentos de topografía*. Brasil: Novos, 2007. 205 p.
8. LÓPEZ-CUERVO, Serafín. *Topografía*. Madrid: Mundi-prensa, 1996. 154 p.

9. MONTES DE OCA, Miguel. *Topografía*. 4a ed. México D.F.: Editorial de los Servicios Técnicos de Ingeniería, Universidad Autónoma de México, 1984. 344 p.
10. McCORMAC, Jack. *Topografía y geodesia para profesionales*. México: Limusa Wiley, 2005. 500 p.
11. NAVARRO, Jorge. *Manual de topografía y cartografía*. España: Colegio oficial de Ingenieros Técnicos de topografía, 2008. 284 p.
12. NAVARRO HUDIEL, Sergio. *Nivelación, apuntes de Topografía II*. Colombia: Planeta, 2010. 650 p.
13. REYES ARREAGA, Sergio Iván. *Guía teórica y práctica del curso de topografía 3*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 690 p.
14. TORRES, Álvaro; VILLATE, Eduardo. *Topografía*. 4a ed. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2001. 560 p.
15. SANTAMARÍA PEÑA, Jacinto. *Manual de prácticas de topografía y cartografía*. México, D.F.: Continental, 1999. 183 p.
16. SANZ MÉNDEZ, Teófilo. *Topografía aplicada*. 3a ed. México, D.F.: Porrúa, 1998. 119 p.
17. URRUTIA, Javier. *Cartografía*. México, D.F.: Continental, 1983. 447 p.

APÉNDICES

APÉNDICE 1

- LIBRETA PLANIMETRICA PROYECTO CICLOVIA USAC
- PLANOS PLANIMETRIA PROYECTO CICLOVIA USAC

APÉNDICE 2

- LIBRETA ALTIMETRICA PROYECTO CICLOVIA USAC
- PERFILES PROYECTO CICLOVIA USAC

APÉNDICE 1

- **LIBRETA PLANIMETRICA PROYECTO CICLOVIA USAC**

Tabla XVIII. **Libreta planimetrica proyecto ciclovía USAC**

EST	PO	Azimut			DH (m)	DESCRIPCION
		Grados	Minutos	Segundos		
E18	E19	197	12	20	39,563	Estación
E19	E20	199	52	45	51,384	Estación
E20	E21	210	53	55	40,391	Estación
E21	E22	219	42	20	39,266	Estación
E22	E23	242	54	20	46,676	Estación
E23	E23	246	53	50	42,283	Estación
E23	E24	222	58	25	20,462	Estación
E24	E27	249	31	40	42,501	Estación
E27	E30	231	13	40	27,487	Estación
E30	E31	218	20	25	44,581	Estación
E31	E25	196	38	45	36,276	Estación
E25	E25	243	17	25	41,544	Estación
E25	E26	243	17	25	41,544	Estación
E26	E28	227	57	20	25,636	Estación
E28	E29	215	43	5	39,167	Estación
E29	E33	191	17	20	39,522	Estación
E33	E31	194	28	35	36,264	Estación
E31	E32	196	38	45	36,278	Estación
E32	E35	193	51	20	44,172	Estación
E35	E33	189	44	20	41,112	Estación
E33	E34	194	28	45	36,264	Estación
E34	E38	192	8	25	36,564	Estación
E38	E39	191	55	30	43,978	Estación

Fuente: elaboración propia proyecto ciclovía USAC.



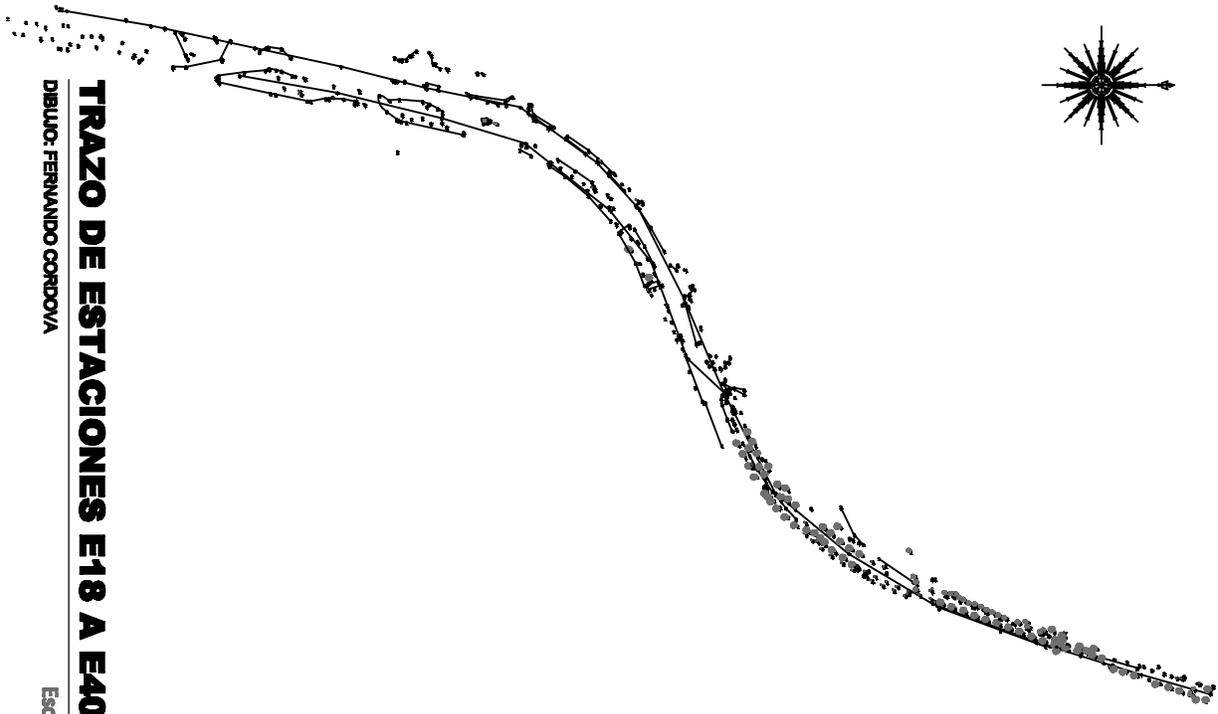
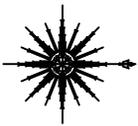
TRAZO DE ESTACIONES E01 A E17

DIBUJO: FERNANDO CORDOVA

Escala 1:750

SIMBOLOGIA	
	CIPRES
●	PINO
●	ARBOL
●	POSTE EE
●	POSTE DE CONCRETO 0.90
○	POSTE DE TELEFONO 0.60
●	POSTE DE TEL O ROTULO 0.95
●	TRONCO
—	BANQUETA
—	BORDILLO
—	MUROS
□	Caja Telgua 0.78x1.20
○	Caja de Concreto 1.00x0.90
□	Tragante 1.20x1.50
⊗	Fibra Optica
☼	JACARANDA
●	ANCLAJE
⊗	ASPELOR
□	Base de Telefono 0.40x0.60

USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala		
	PROYECTO CICLOVIA USAC		
	GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA PARA LA REALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.		
	ESTUDIANTE	Luis Fernando Cordova Chavez	
	ASESOR	Ing. Rodolfo Miranda	
FECHA	Agosto 2012	ESCALA	1:750
			1/5



TRAZO DE ESTACIONES E18 A E40

DIJAUO: FERNANDO CORDOVA

Escala 1:750

SIMBOL OGIA	
	CIPRES
	PINO
	ARBOL
	POSTE EE
	POSTE DE CONCRETO 0.90
	POSTE DE TELEFONO 0.60
	POSTE DE TEL O ROTULO 0.95
	TRONCO
	BANQUETA
	BORDILLO
	MURDO
	Caja Telgva 0.78x1.20
	Caja de Concreto 1.00x0.90
	Tragante 1.20x1.50
	Fibra Optica
	JACARANDA
	ANCLAJE
	ASPERSOR
	Base de Telefono 0.40x0.60

U S A C	
Universidad de San Carlos de Guatemala PROYECTO CICLOVIA USAC	
GUIA TEORICA Y PRACTICA PARA LA REALIZACION DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS.	
ESTUDIANTE	Leid Ferrnando Cordova Chavez
ASESOR	Ing. Rodolfo Miranda
FECHA	Agosto 2012
ESCALA	1:750



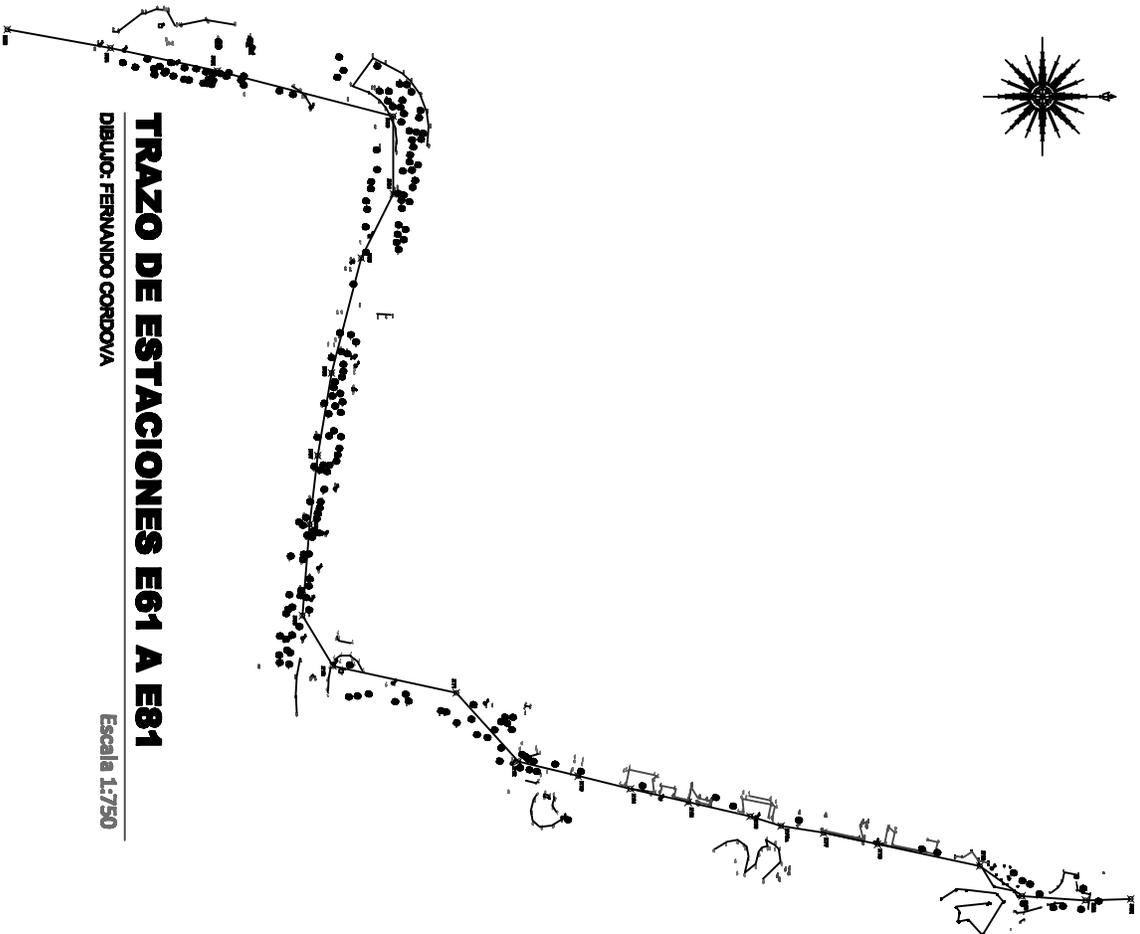
SIMBOLOGIA	
	CIPRES
●	PINO
●	ARBOL
●	POSTE EE
●	POSTE DE CONCRETO 0.90
●	POSTE DE TELEFONO 0.60
●	POSTE DE TEL O ROTULO 0.95
●	TRONCO
—	BANQUETA
—	BORDILLO
—	MURDS
□	Caja Telgua 0.78x1.20
○	Caja de Concreto 1.00x0.90
□	Tragante 1.20x1.50
⌘	Fibra Optica
☀	JACARANDA
●	ANCLAJE
⊗	ASPERSOR
□	Base de Telefono 0.40x0.60

TRAZO DE ESTACIONES E41 A E60

DIBUJO: FERNANDO CORDOVA

Escala 1:750

USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala		
	PROYECTO CICLOVIA USAC		
	GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA PARA LA REALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.		
	ESTUDIANTE	Luis Fernando Cordova Chavez	
ASESOR	Ing. Rodolfo Miranda		
FECHA	Agosto 2012	ESCALA	1:750
			3/5



TRAZO DE ESTACIONES E61 A E81

DIBUJO: FERNANDO CORDOVA

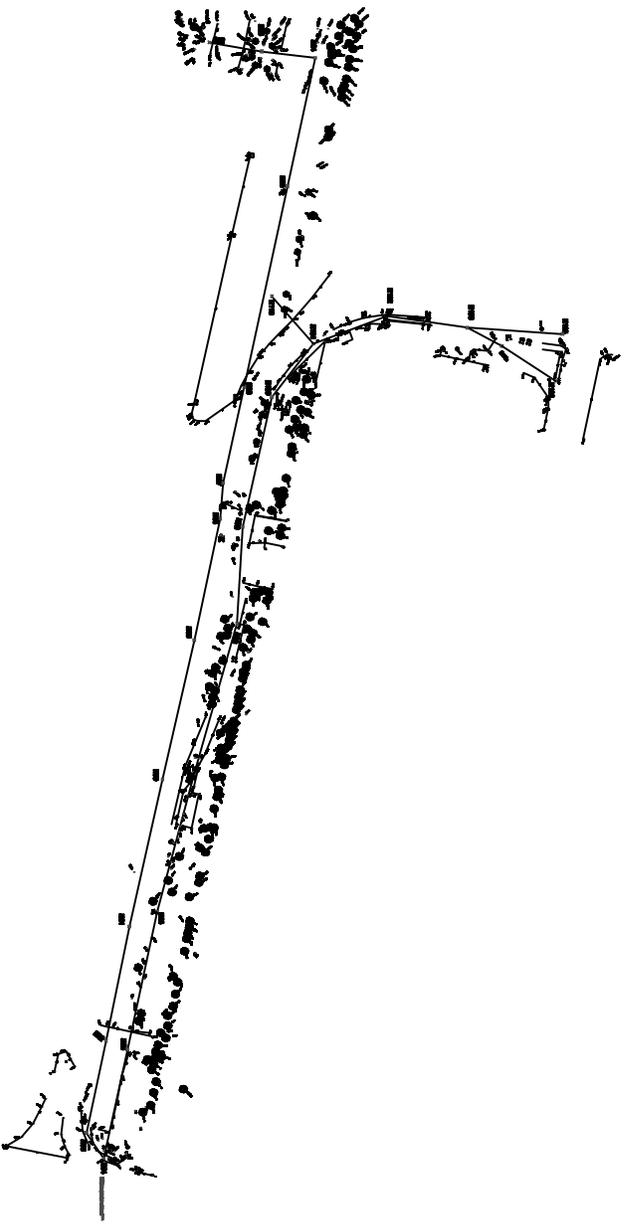
Escala 1:750

SIMBOLÓGIA	
	CIPRES
	PINO
	ARBOL
	POSTE EE
	POSTE DE CONCRETO 0.90
	POSTE DE TELEFONO 0.60
	POSTE DE TEL. O ROTULO 0.95
	TRONCO
	BANQUETA
	BORDILLO
	MURDO
	Caja Teigua 0.78x1.20
	Caja de Concreto 1.00x0.90
	Traganete 1.20x1.50
	Fibra Optica
	JACARANDA
	ANCLAJE
	ASPERSOR
	Base de Telefono 0.40x0.60

U S A C	
Universidad de San Carlos de Guatemala PROYECTO CICLOVIA USAC	
GUIA TEORICA Y PRACTICA PARA LA REALIZACION DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS.	
ESTUDIANTE	Enil Ferrnando Cordova Chavez
ASesor	Ing. Rodolfo Miranda
FECHA	Agosto 2012
ESCALA	1:750



SIMBOLOGIA	
—	CIPRES
●	PIND
●	ARBOL
●	POSTE EE
●	POSTE DE CONCRETO 0.90
●	POSTE DE TELEFONO 0.60
●	POSTE DE TEL. O ROTULO 0.95
●	TRONCO
—	BANQUETA
—	BORDILLO
—	MURDS
□	Caja Telgua 0.78x1.20
○	Caja de Concreto 1.00x0.90
□	Tragante 1.20x1.50
⊗	Fibra Optica
☼	JACARANDA
●	ANCLAJE
⊗	ASPERSDR
□	Base de Telefono 0.40x0.60



TRAZO DE ESTACIONES E82 A E106

DIBUJO: FERNANDO CORDOVA

Escala 1:750

U S A C	
Universidad de San Carlos de Guatemala PROYECTO CICLOVIA USAC	
GUIA TEORICA Y PRACTICA PARA LA REALIZACION DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS.	
ESTUDIANTE	Enil Fernando Cordova Chavez
ASESOR	Ing. Rodolfo Miranda
FECHA	Agosto 2012
	ESCALA 1:750
	
	

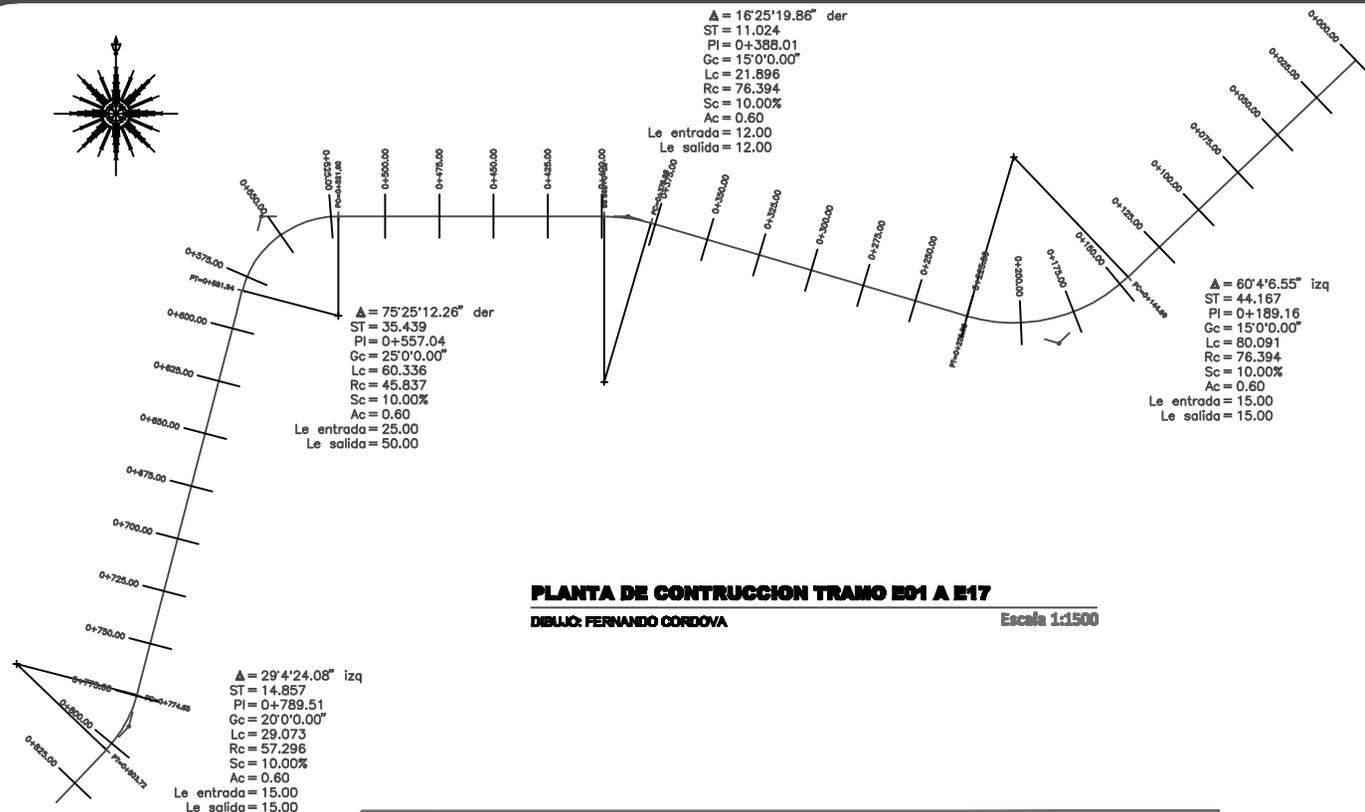
APÉNDICE 2

- **LIBRETA ALTIMETRICA PROYECTO CICLOVIA USAC**

Tabla XIX. **Libreta altimétrica proyecto ciclovía USAC**

libreta							
EST		(+)	HI	(-)	PV	COTA	OBS
1.06a				1,929		99,965	
1,07				1,986		99,908	
1,08				2,021		99,873	
1,09				2,040		99,854	
1,33				2,069		99,825	
1,34				1,932		99,962	
1,35				1,782		100,112	
1,36				1,753		100,141	
1,37				1,748		100,146	
1,38				1,724		100,170	
1,39				1,674		100,220	
1,42				1,588		100,306	
1,45				1,789		100,105	
1,46				1,792		100,102	
1,48				1,975		99,919	
1,49				2,040		99,854	
pv02				1,892		100,002	cierre
3,02	+			1,146		99,584	
3,03	-			1,342			

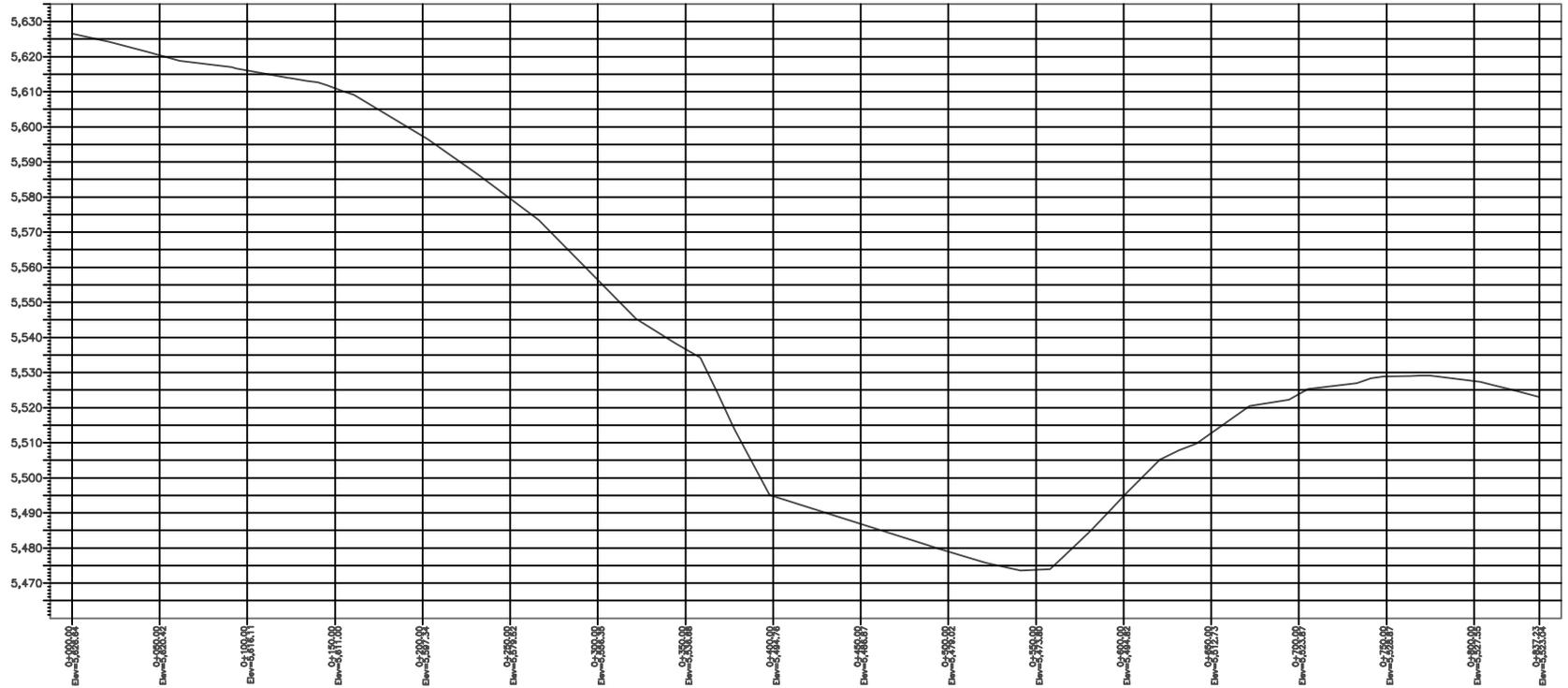
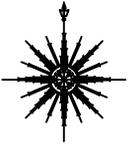
Fuente: elaboración propia proyecto ciclovía USAC.



PLANTA DE CONSTRUCCION TRAMO E01 A E17
DIBUJO: FERNANDO CORDOVA **Escala 1:1500**

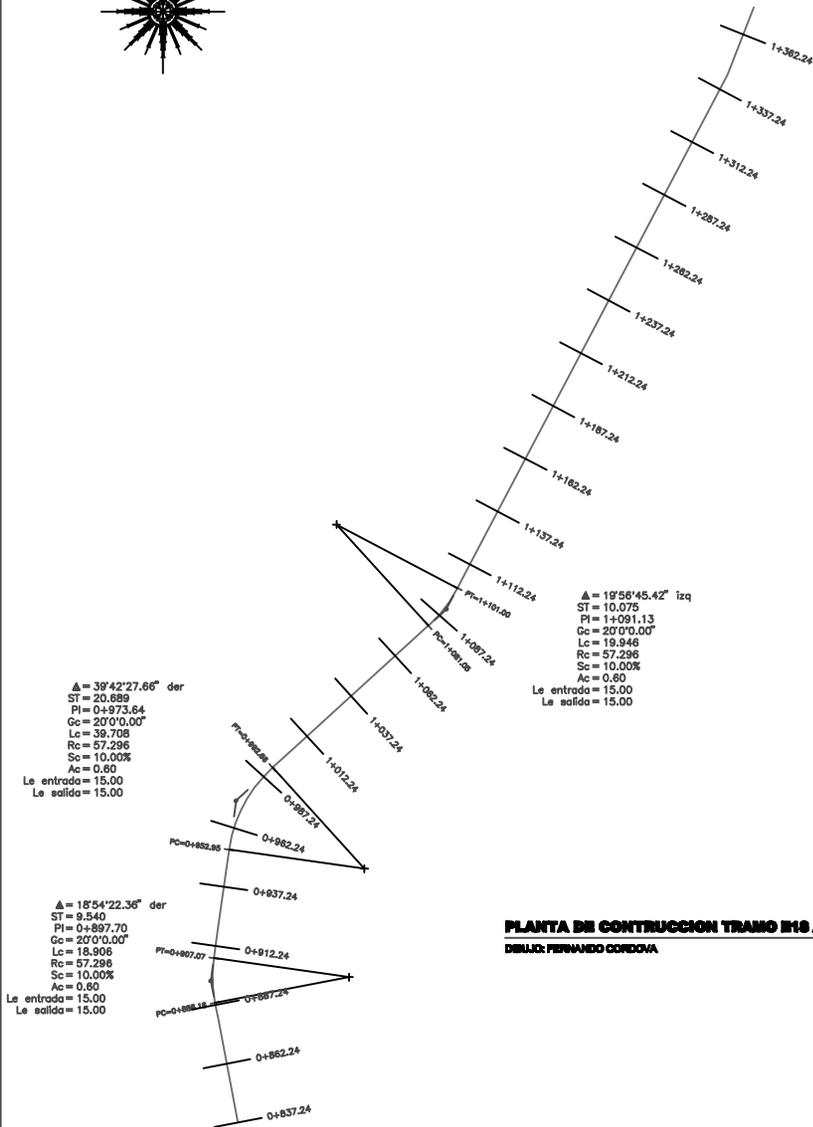
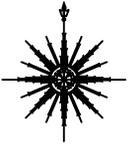
CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				X	Y
PST=0+000.00	PC=0+144.99	S 46°21'13.31" W	144.995	PST=0+000.00	2,046.9779	2,044.2739
PC=0+144.99	PT=0+225.08	S 76°23'16.58" W Δ = 60°4'6.55" der Rc = 76.394	76.473 Lc = 80.091 ST = 44.167	PT=0+225.08 PI=0+189.16	1,867.7322 1,910.0976	1,926.2001 1,913.7134
PT=0+225.08	PC=0+376.98	N 73°34'40.14" W	151.901	PC=0+376.98	1,722.0277	1,969.1445
PC=0+376.98	PT=0+398.88	N 81°47'20.07" W Δ = 16°25'19.86" izq Rc = 76.394	21.821 Lc = 21.896 ST = 11.024	PT=0+398.88 PI=0+388.01	1,700.4300 1,711.4537	1,972.2611 1,972.2611
PT=0+398.88	PC=0+521.60	N 90°00'00" W	122.724	PC=0+521.60	1,577.7060	1,972.2611
PC=0+521.60	PT=0+581.94	S 52°17'23.87" W Δ = 75°25'12.26" izq Rc = 45.837	56.073 Lc = 60.336 ST = 35.439	PT=0+581.94 PI=0+557.04	1,533.3454 1,542.2666	1,937.9629 1,972.2611
PT=0+581.94	PC=0+774.65	S 14°34'47.74" W	192.710	PC=0+774.65	1,484.8344	1,751.4585
PC=0+774.65	PT=0+803.72	S 29°08'59.78" W Δ = 29°4'24.08" der Rc = 57.296	28.762 Lc = 29.073 ST = 14.857	PT=0+803.72 PI=0+789.51	1,470.8389 1,481.0945	1,726.3307 1,737.0801
PT=0+803.72	PST=0+837.23	S 43°39'11.82" W	33.508	PST=0+837.23	1,447.7068	1,702.0868
LONGITUD = 837.235m						

USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala		
	PROYECTO CICLOVIA USAC		
	GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA PARA LA REALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.		
	ESTUDIANTE	Luis Fernando Cordova Chavez	
ASESOR	Ing. Rodolfo Miranda		
FECHA	Agosto 2012	ESCALA	1/10



PERFIL LONGITUDINAL
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500

U S A C	Universidad de San Carlos de Guatemala		
	PROYECTO CICLOVIA USAC		
	GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA PARA LA REALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.		
	ESTUDIANTE	Luis Fernando Cordova Chavez	
ASESOR	Ing. Rodolfo Miranda		
FECHA	Agosto 2012	ESCALA	2/10



$\Delta = 39^{\circ}42'27.66''$ der
 $ST = 20.889$
 $PI = 0+973.64$
 $Gc = 20^{\circ}0'0.00''$
 $Lc = 39.708$
 $Rc = 57.296$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 0.60$
 $Le\ entrada = 15.00$
 $Le\ salida = 15.00$

$\Delta = 19^{\circ}56'45.42''$ izq
 $ST = 10.075$
 $PI = 1+091.13$
 $Gc = 20^{\circ}0'0.00''$
 $Lc = 19.946$
 $Rc = 57.296$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 0.60$
 $Le\ entrada = 15.00$
 $Le\ salida = 15.00$

$\Delta = 18^{\circ}54'22.36''$ der
 $ST = 9.540$
 $PI = 0+897.70$
 $Gc = 20^{\circ}0'0.00''$
 $Lc = 18.906$
 $Rc = 57.296$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 0.60$
 $Le\ entrada = 15.00$
 $Le\ salida = 15.00$

PLANTA DE CONSTRUCCION TRAMO I18 A I40

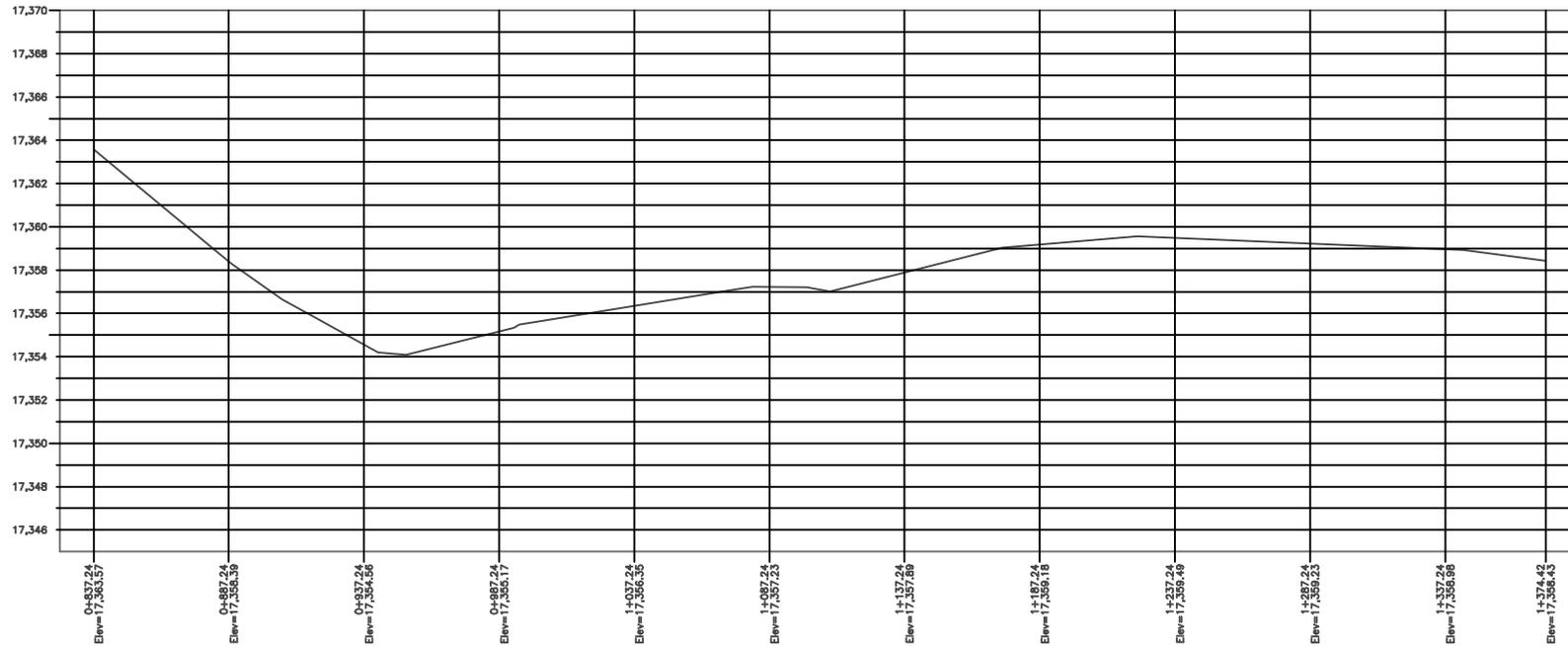
DISEÑO: FERNANDO CORDOVA

Escala 1:1.500

CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE							
EST	LADO	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
						X	Y
PST=0+837.24		PC=0+888.16	N 10°54'24.86" W	50.929	PST=0+837.24	885.0042	3,129.9882
PC=0+888.16		PT=0+907.07	N 01°27'13.67" W $\Delta = 18^{\circ}54'22.36''$ der $Rc = 57.296$	18.821 $Lc = 18.906$ $ST = 9.540$	PT=0+907.07	884.8902	3,198.8100
PT=0+907.07		PC=0+952.95	N 07°59'57.51" E	45.879	PC=0+952.95	891.2747	3,244.2425
PC=0+952.95		PT=0+992.66	N 27°51'11.34" E $\Delta = 39^{\circ}42'27.66''$ der $Rc = 57.296$	38.918 $Lc = 39.708$ $ST = 20.889$	PT=0+992.66	908.4574	3,278.8516
PT=0+992.66		PC=1+081.05	N 47°42'25.17" E	88.396	PC=1+081.05	974.8461	3,338.1363
PC=1+081.05		PT=1+101.00	N 37°44'02.47" E $\Delta = 19^{\circ}56'45.42''$ izq $Rc = 57.296$	19.845 $Lc = 19.946$ $ST = 10.075$	PT=1+101.00	986.9904	3,353.8302
PT=1+101.00		PI=1+344.10	N 27°49'39.78" E	243.103	PI=1+344.10	1,100.2243	3,688.8018
PI=1+344.10		PST=1+374.42	N 21°24'55.59" E $\Delta = 42^{\circ}44.17''$ izq	30.322	PST=1+374.42	1,111.2967	3,697.1603

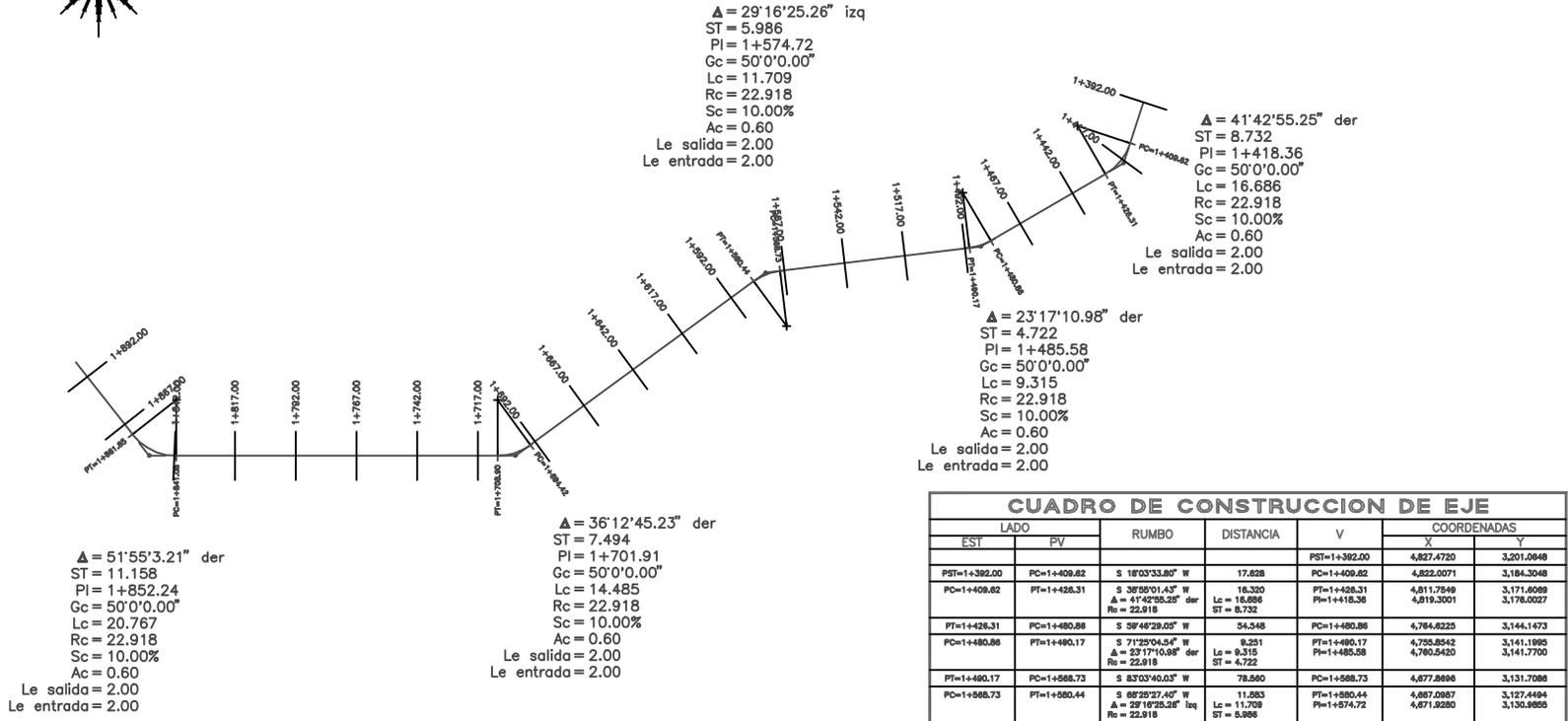
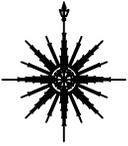
LONGITUD = 537.189m

USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala		
	PROYECTO CICLOVIA USAC		
	GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA PARA LA REALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.		
	ESTUDIANTE	Luis Fernando Cordova Chavez	
ASESOR	Ing. Rodolfo Miranda		
FECHA	Agosto 2012	ESCALA	



PERFIL LONGITUDINAL
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 2000
 ESCALA VERTICAL 1 : 250

U S A C	Universidad de San Carlos de Guatemala		
	PROYECTO CICLOVIA USAC		
	GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA PARA LA REALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.		
	ESTUDIANTE	Luis Fernando Cordova Chavez	
ASESOR	Ing. Rodolfo Miranda		
FECHA	Agosto 2012	ESCALA	1:1000

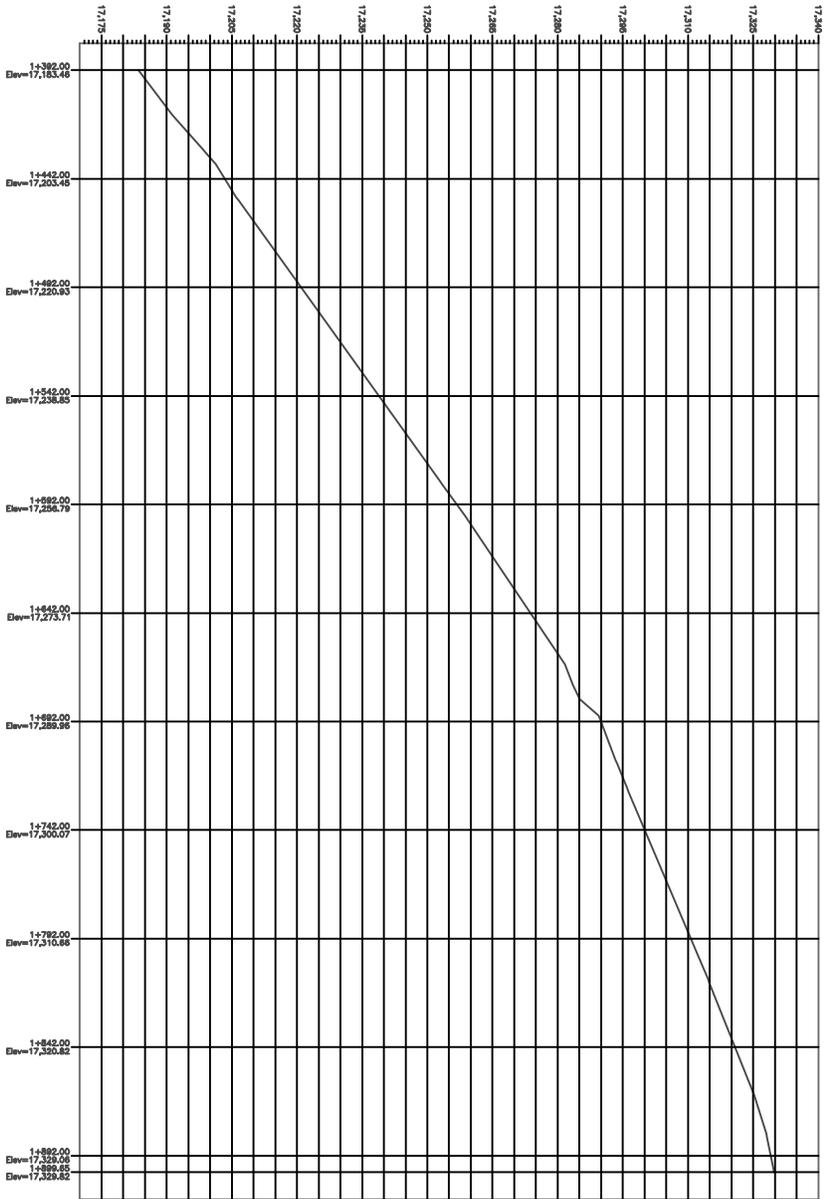


PLANTA DE CONTRUCCION TRAMO B41 A B55
 DIBUJO: FERNANDO CORDOVA Escala 1:1500

CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				X	Y
PST=1+382.00	PC=1+409.62	S 18'03'33.80" W	17.628	PST=1+382.00	4,827.4720	3,201.0046
PC=1+409.62	PT=1+426.31	S 38'58'01.43" W $\Delta = 41^{\circ}42'55.25''$ der Rc = 22.918	18.320 Le = 16.686 ST = 8.732	PT=1+426.31 PI=1+418.36	4,811.7546 4,819.3001	3,171.6089 3,178.0027
PT=1+426.31	PC=1+480.88	S 28'48'28.05" W	54.548	PC=1+480.88	4,784.8225	3,144.1173
PC=1+480.88	PT=1+480.17	S 71'29'04.54" W $\Delta = 23^{\circ}17'10.98''$ der Rc = 22.918	9.251 Le = 9.315 ST = 4.722	PT=1+480.17 PI=1+485.58	4,735.8542 4,780.5420	3,141.1995 3,141.7700
PT=1+480.17	PC=1+588.73	S 87'03'40.03" W	78.560	PC=1+588.73	4,677.8898	3,131.7088
PC=1+588.73	PT=1+580.44	S 68'28'27.49" W $\Delta = 29^{\circ}16'25.26''$ izq Rc = 22.918	11.283 Le = 11.709 ST = 5.986	PT=1+580.44 PI=1+574.72	4,687.0867 4,671.8280	3,127.4494 3,130.6965
PT=1+580.44	PC=1+694.42	S 53'47'14.77" W	113.675	PC=1+694.42	4,575.1403	3,080.1151
PC=1+694.42	PT=1+708.90	S 71'53'37.38" W $\Delta = 36^{\circ}12'45.23''$ der Rc = 22.918	14.245 Le = 14.485 ST = 7.494	PT=1+708.90 PI=1+701.91	4,561.6006 4,569.0942	3,055.6880 3,055.6880
PT=1+708.90	PC=1+841.08	N 00'00'00" W	132.178	PC=1+841.08	4,429.4238	3,058.6880
PC=1+841.08	PT=1+861.08	N 64'02'28.40" W $\Delta = 51^{\circ}55'3.21''$ der Rc = 22.918	20.084 Le = 20.767 ST = 11.158	PT=1+861.08 PI=1+852.24	4,411.3831 4,418.2650	3,064.4704 3,058.6880
PT=1+861.08	PST=1+869.85	N 38'04'36.78" W	37.802	PST=1+869.85	4,388.0670	3,064.2253

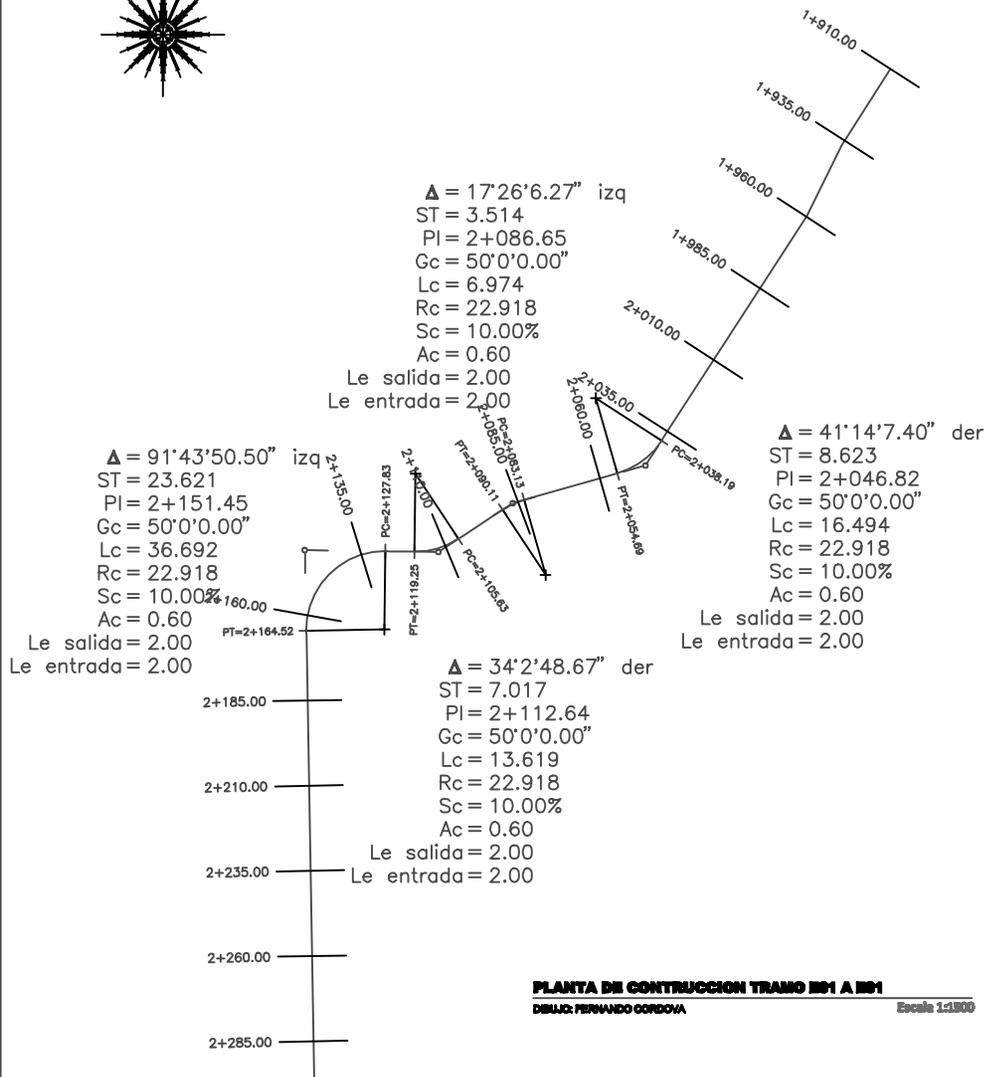
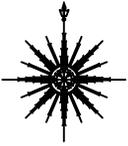
LONGITUD = 507.653m

USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala		
	PROYECTO CICLOVIA USAC		
	GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA PARA LA REALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.		
	ESTUDIANTE	Luis Fernando Cordova Chavez	
	ASESOR	Ing. Rodolfo Miranda	
FECHA	Agosto 2012	ESCALA	



PERFIL LONGITUDINAL
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 2000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000

U S A C			
Universidad de San Carlos de Guatemala			
PROYECTO CICLOVIA USAC			
GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA PARA LA REALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.			
ESTUDIANTE	Erald Escamado Cardona Chavez		
ASESOR	Ing. Rodolfo Méndez		
FECHA	Agosto 2012	ESCALA	1:1000
			6/10

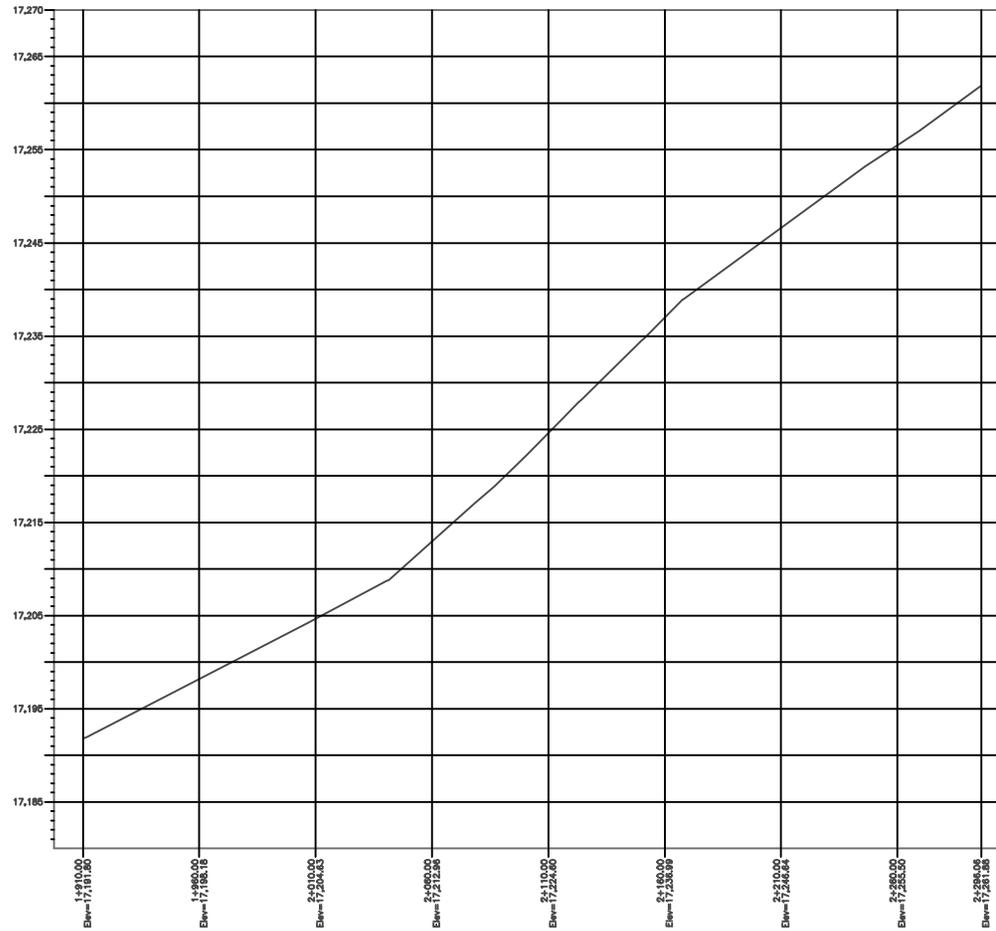
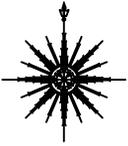


PLANTA DE CONTRUCCION TRAMO B01 A B01
 DIBUJO: FERNANDO CORDOVA Escala 1:1800

CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE							
EST	LADO	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
						X	Y
PST=1+910.00		PI=1+936.82	S 32°41'36.08" W	26.829	PST=1+910.00	2,287.0876	1,784.2991
PI=1+936.82		PI=1+959.84	S 28°10'11.08" W $\Delta = 6'31'24.00''$ Izq	23.211	PI=1+959.84	2,242.4675	1,741.0571
PI=1+959.84		PC=2+038.19	S 32°53'23.66" W $\Delta = 6'43'12.88''$ der	78.360	PC=2+038.19	2,199.0182	1,675.2572
PC=2+038.19		PT=2+054.69	S 53°50'27.38" W $\Delta = 41'14'7.40''$ der Rc = 22.918	16.140 Lc = 16.494 ST = 8.623	PT=2+054.69	2,186.9402 2,195.2339	1,685.8582 1,688.0188
PT=2+054.69		PC=2+083.13	S 74°07'31.06" W	28.448	PC=2+083.13	2,159.5787	1,657.8774
PC=2+083.13		PT=2+090.11	S 69°24'27.93" W $\Delta = 17'26'6.27''$ Izq Rc = 22.918	6.947 Lc = 6.974 ST = 3.514	PT=2+090.11	2,153.2627 2,156.1995	1,654.9863 1,656.9162
PT=2+090.11		PC=2+105.63	S 56°41'24.79" W	15.518	PC=2+105.63	2,140.2939	1,646.4843
PC=2+105.63		PT=2+119.25	S 73°42'46.13" W $\Delta = 34'2'48.67''$ der Rc = 22.918	13.419 Lc = 13.619 ST = 7.017	PT=2+119.25	2,127.4131 2,134.6286	1,642.7010 1,642.8107
PT=2+119.25		PC=2+127.83	N 89°15'46.53" W	8.584	PC=2+127.83	2,118.8303	1,642.8114
PC=2+127.83		PT=2+164.82	S 44°52'18.22" W $\Delta = 91'43'50.50''$ Izq Rc = 22.918	32.897 Lc = 36.692 ST = 23.621	PT=2+164.82	2,095.6206 2,095.2110	1,619.4976 1,643.1153
PT=2+164.82		PST=2+298.06	S 00°59'37.03" E	131.540	PST=2+298.06	2,097.8016	1,487.8771

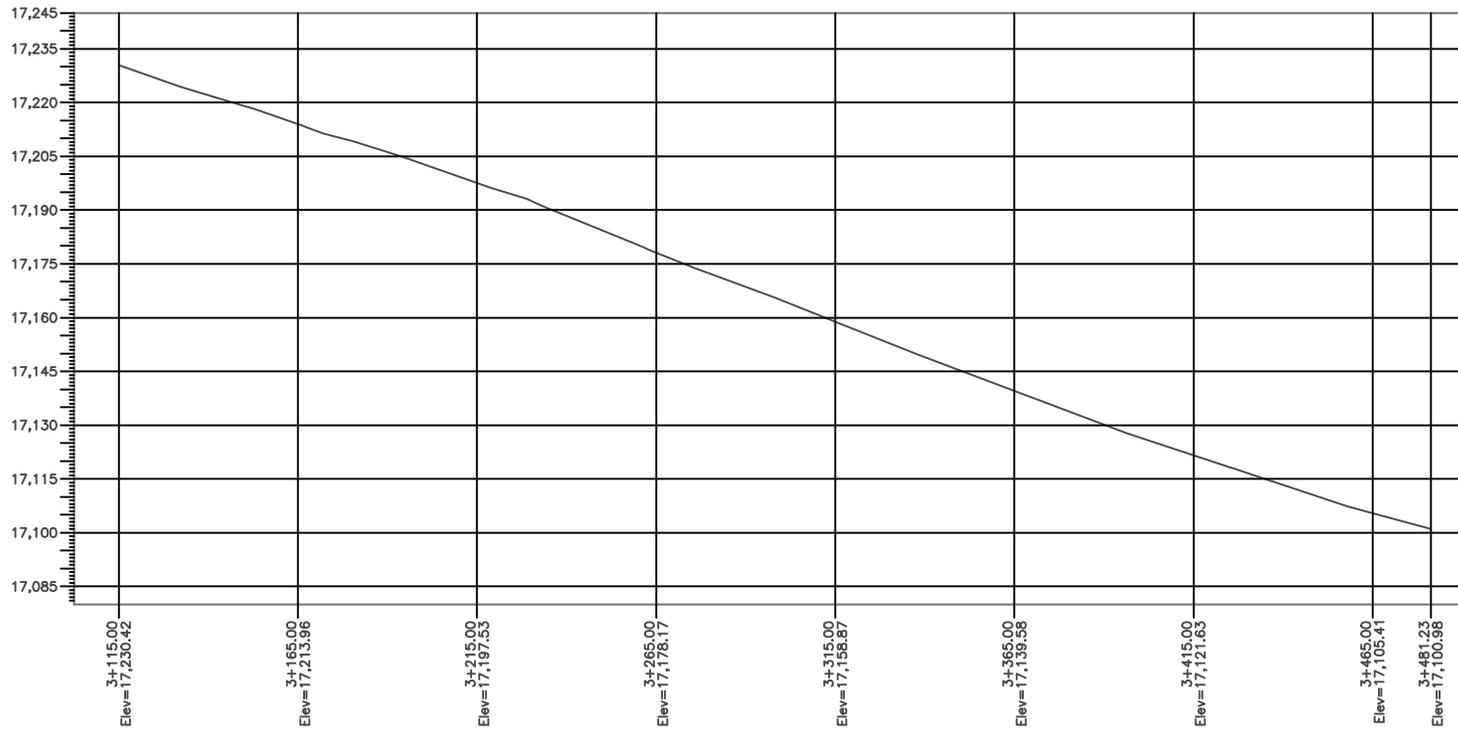
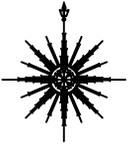
LONGITUD = 386.066m

USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala		
	PROYECTO CICLOVIA USAC		
	GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA PARA LA REALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.		
	ESTUDIANTE	Luis Fernando Cordova Chavez	
ASESOR	Ing. Rodolfo Miranda		
FECHA	Agosto 2012	ESCALA	
			7/10



PERFIL LONGITUDINAL
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 2000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500

U S A C	Universidad de San Carlos de Guatemala		
	PROYECTO CICLOVIA USAC		
	GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA PARA LA REALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.		
	ESTUDIANTE	Luis Fernando Cordova Chavez	
ASESOR	Ing. Rodolfo Miranda		
FECHA	Agosto 2012	ESCALA	1:1000
			8 / 10



PERFIL LONGITUDINAL
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000

U S A C	Universidad de San Carlos de Guatemala		
	PROYECTO CICLOVIA USAC		
	GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA PARA LA REALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.		
	ESTUDIANTE	Luis Fernando Cordova Chavez	
ASESOR	Ing. Rodolfo Miranda		
FECHA	Agosto 2012	ESCALA	