

**APOYO AUDIOVISUAL PARA EL LABORATORIO DE LA
ASIGNATURA DE TOPOGRAFIA.**

**HERNÁN ALBERTO CASTELLANOS PATIÑO
ANA LUCÍA CORREDOR ÁLVAREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012**

**APOYO AUDIOVISUAL PARA EL LABORATORIO DE LA
ASIGNATURA DE TOPOGRAFIA.**

**HERNÁN ALBERTO CASTELLANOS PATIÑO
ANA LUCÍA CORREDOR ÁLVAREZ**

**Trabajo de grado
Para optar al título de:
Ingeniero Civil**

**Director:
LUIS ALBERTO CAPACHO SILVA
Ingeniero Civil, M. Sc.**

**Co-Director:
JORGE ALVARO CASTELLANOS RIVERO
Docente de Cátedra Asociado**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012**

**Agradezco a mis padres
por su incondicional amor y por haberme dado
la bendición de conocer a Dios, a quien
debo todo lo que hoy soy y a quien ofrezco este triunfo;
también a mi hermana Sara Patricia
por ser un sano ejemplo por esos regaños
que hoy me hacen ser quien soy,
a Sara Cadena, mi novia,
por darme todo su amor y comprensión
y a los demás familiares, amigos
y docentes por el apoyo y las enseñanzas.**

Hernán Alberto Castellanos Patiño.

**Infinitas gracias doy a Dios por brindarme la oportunidad de culminar con
éxito y tesón este ciclo.**

**A mis padres, José Orlando y Gloria Lucia,
y hermanos Silvia Juliana y Andrés Felipe,
por su continuo apoyo,
consagración, entusiasmo y amor.**

**A mis demás familiares, la comunidad de la UIS,
profesores, amigos y compañeros por los momentos compartidos.**

**Gracias una vez más a todos porque progresé con sus
enseñanzas y consejos.**

Ana Lucía Corredor Álvarez

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros agradecimientos:

A nuestros directores por contribuir con sus conocimientos, ideas, guiarnos y aconsejarnos en la realización de este proyecto.

A los profesores que nos dieron las herramientas para terminar este proceso de formación.

A nuestros compañeros y amigos por compartir conocimiento y experiencias durante este periodo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
OBJETIVOS	19
1. GENERALIDADES.	20
1.1. HISTORIA DE LA TOPOGRAFIA.	20
1.2. IMPORTANCIA DE LA TOPOGRAFIA.	22
1.3. RECOMENDACIONES DE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS.	22
2. LABORATORIOS DE LA ASIGNATURA DE TOPOGRAFIA	29
2.1. LABORATORIO: BASE MEDIDA O DOBLE RADIACION	30
2.2. LABORATORIO: ANGULOS INTERNOS Y EXTERNOS	35
2.3. LABORATORIO: NIVELACION, CONTRANIVELACION Y SECCIONES TRANSVERSALES.	41
2.4. LABORATORIO: DISEÑO Y MATERIALIZACION DE UNA CURVA HORIZONTAL SIMPLE.	55
2.5. LABORATORIO: DISEÑO DE UN PERFIL VIAL.	63
2.6. LABORATORIO: MATERIALIZACION DE ESTACAS DE CHAFLANES.	68
2.7. LABORATORIO: GPS.	77
3. CONCLUSIONES	82
GLOSARIO	83
BIBLIOGRAFÍA	94
ANEXOS	96

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Demarcación del terreno.	31
Figura 2. Localización de la base interna.	32
Figura 3. Medición de Azimut desde la estación A.	32
Figura 4. Medición de la distancia A-B.	33
Figura 5. Medición del Azimut entre el Norte Magnético y la estación 2.	36
Figura 6. Medición ángulo interno <234>.	37
Figura 7. Medición ángulo horizontal <n12>.	37
Figura 8. Detalles por Radiación.	38
Figura 9. . Poligonal de circuito con ángulos externos.	39
Figura 10. Poligonal de circuito con ángulos internos.	39
Figura 11. Trazo del alineamiento.	43
Figura 12. Lectura al $BN_{inicial}$.	43
Figura 13. Lectura intermedia a la primera abscisa.	44
Figura 14. Lectura al C#1 desde la posición 1.	44
Figura 15. Lectura al C#1 desde la posición 2.	45
Figura 16. Lectura intermedia de una abscisa.	45
Figura 17. Lectura al C#2 desde la posición 2.	46
Figura 18. Lectura al C#2 desde la posición 3.	46
Figura 19. Lectura intermedia de una abscisa.	47
Figura 20. Lectura del BN_{final} .	47
Figura 21. Contranivelación. Lectura del BN_{final} .	48
Figura 22. Contranivelación. Lectura del C#2, vista adelante.	48
Figura 23. Contranivelación. Lectura del C#2, vista atrás.	49
Figura 24. Contranivelación. Lectura del C#1, vista adelante.	49
Figura 25. Contranivelación. Lectura del C#1, vista atrás.	50
Figura 26. Contranivelación. Lectura del $BN_{inicial}$.	50

Figura 27. Secciones Transversales. Trazado de perpendiculares.	51
Figura 28. Lectura de la diferencia de nivel, K0+00,00.	51
Figura 29. Lectura de las diferencia de nivel, abscisa K0+10,00.	52
Figura 30. Alineación y medición de las tangentes.	59
Figura 31. En el PC, ángulos horizontales en cero.	60
Figura 32. Materialización de la primera deflexión.	60
Figura 33. Materialización de la segunda deflexión.	61
Figura 34. Materialización de la tercera deflexión.	61
Figura 35. Materialización de la curva.	62
Figura 36. Eje de la Vía.	63
Figura 37. Elementos de la sección transversal.	69
Figura 38. Lectura con el nivel de mano Abney a la mira. (Chaflán de Corte).	71
Figura 39. Diferencia de alturas (Chaflán de Corte).	71
Figura 40. Ubicación del Chaflán de Corte.	72
Figura 41. Lectura con el nivel de mano Abney a la mira. (Chaflán de Terraplén).	72
Figura 42. Diferencia de alturas (Chaflán de Terraplén).	73
Figura 43. Ubicación del Chaflán de Terraplén.	74
Figura 44. Ubicación del Chaflán de Cero	74
Figura 45. Ubicación de las estacas de chaflán. (Corte, Terraplén, Cero).	75
Figura 46. Estación Base Receptora.	78
Figura 47. Estación Receptora Móvil	78
Figura 48. Pantalla Estado de Satélites.	79
Figura 49. Equipo empleado. Organización en el Campo.	80
Figura 50. Pantalla Levantamiento Estático.	80

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ejemplo de Cartera de Campo: Levantamiento por Base Medida	34
Tabla 2. Ejemplo de Cartera de Campo: Levantamiento por ángulos internos y externos.	40
Tabla 3. Ejemplo de Cartera de Campo Levantamiento de Altimetría:Nivelación y Contranivelación.	53
Tabla 4. Ejemplo de Cartera de Campo Levantamiento de Altimetría:Secciones Transversales.	54
Tabla 5. Ejemplo de Cartera de Campo: Diseño y Materialización de una Curva Horizontal Simple.	62
Tabla 6. Ejemplo de Cartera. Cotas Negras, Rojas y de Trabajo.	66
Tabla 7. Ejemplo del Perfil Longitudinal del proyecto vial.	67
Tabla8. Ejemplo de Cartera de Campo: Levantamiento Estacas de Chaflanes.	76

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Modelo de Cartera de Campo. Práctica: de Base Medida o Doble Radiación.	95
Anexo B. Modelo de Cartera de Campo. Práctica: Ángulos Internos, Externos y de Deflexión.	96
Anexo C. Modelo de Cartera de Campo. Práctica de Altimetría: Nivelación y Contranivelación.	97
Anexo D. Modelo de Cartera de Campo. Práctica de Altimetría: Secciones Transversales.	98
Anexo E. Modelo de Cartera de Campo. Práctica: Diseño de una Curva horizontal simple.	99
Anexo F. Modelo de Cartera de Campo. Práctica: Estacas de Chaflanes.	100
Anexo G. Apoyo Audiovisual.	
Anexo H. Modelo de Carteras de Campo en Archivos .xlsx	

RESUMEN

TITULO: APOYO AUDIOVISUAL PARA EL LABORATORIO DE LA ASIGNATURA DE TOPOGRAFIA.*

AUTORES:

HERNAN ALBERTO CASTELLANOS PATIÑO. **

ANA LUCIA CORREDOR ALVAREZ. **

PALABRAS CLAVES: Topografía, Levantamientos, Carteras de Campo, Videos.

DESCRIPCION:

Este proyecto se desarrolló con el propósito de contribuir al proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes en el laboratorio de la asignatura de “Topografía” la cual está incluida en el plan de estudios de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander. Su contenido es una recopilación bibliográfica de los diversos temas necesarios para su comprensión.

Este material es un soporte para el aprendizaje previo y ayudará al estudiante en el proceso de redacción y análisis de la información espacial o de campo, nociones en el manejo de equipos y elaboración de carteras de campo.

A su vez el proyecto se desarrolló teniendo en cuenta los siguientes parámetros que facilitaron la construcción de su contenido: como primer paso se realizó una recopilación y discriminación de información, posteriormente se hizo la respectiva lectura y comparación de dicha información, luego se realizan videos como apoyo audiovisual para los laboratorios y por último se culminó el proceso de creación del libro con su redacción y revisiones periódicas por parte de los directores del proyecto.

Su contenido comprende temas que abarcan lo establecido en el programa del laboratorio de la asignatura, entre los cuales están: historia, importancia de la asignatura, algunas definiciones básicas, el proceso de campo, recomendaciones generales y el modelo de cartera de campo para las diferentes prácticas del laboratorio de la asignatura de topografía.

* Proyecto de grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería civil, Director: Ing. Civil, M. Sc. Luis Alberto Capacho Silva, Co-Director: Jorge Álvaro Castellanos Rivero.

ABSTRACT

TITLE: AUDIOVISUAL SUPPORT FOR LABORATORY SUBJECT OF TOPOGRAPHY.*

AUTHORS:

CASTELLANOS PATIÑO, Hernán Alberto. **

CORREDOR ALVAREZ, Ana Lucia. **

KEYWORDS: Topography, Survey, Portfolios Field, Videos.

DESCRIPTION:

This project was developed with the aim of contributing to teaching and student learning in the laboratory of the subject “Topography” which is included in the curriculum of Civil Engineering at the Industrial University of Santander. Its content is a bibliographic compilation of various items needed for their understanding.

This material is a support for previous learning and will help the student in the process of drafting and analysis of spatial information or field, notions in the equipment management and elaboration of portfolio field.

In turn, the project was developed taking into account the following parameters that facilitated the construction of its content: the first step did collection of information and discrimination; later, the respective reading and comparison of such information, then, made videos as audiovisual support for laboratories and finally, culminated the process of creating the book and periodic reviews by the project’s directors.

Its content includes topics that the program established in the laboratory of the subject, among which are: history, importance of the subject, some basic definitions, the field process, recommendations and the model’s portfolio field for the different laboratory practices of the subject of topography.

* Grade Project.

** Physical – Mechanical Engineering’s Faculty, Civil Engineering School, Director: Civil Engineer, M.Sc. CAPACHO SILVA, Luis Alberto., Co-Director: CASTELLANOS RIVERO, Jorge Álvaro.

INTRODUCCIÓN

La topografía es una de las ciencias más antiguas e importantes practicadas por el hombre, desde los tiempos más antiguos han existido la necesidad de marcar límites y terrenos.

En la era moderna, la topografía se utiliza para:

- Elaborar planos de superficies terrestres, arriba y abajo del mar.
- Trazar cartas de navegación para uso en el aire, tierra y mar.
- Establecer límites en terrenos de propiedad privada y pública.
- Dar soporte en modelación espacial en el moldeamiento de escenarios.

La topografía es de suma importancia para todos aquellos que desean realizar estudios de ingeniería en cualquiera de sus ramas, así como para los estudiantes de arquitectura, no solo por los conocimientos y habilidades que puedan adquirir, por la influencia didáctica de su estudio.

La topografía tiene aplicaciones dentro de ingeniería agrícola como en levantamientos de 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 para la instalación precisa de máquinas y equipos industriales, configuración de piezas metálicas de gran precisión, etc.

En la ingeniería civil es necesario realizar trabajos topográficos antes, durante y después de la construcción de obras tales como carreteras, ferrocarriles edificios, puentes, canales, presas, etc.

A pesar de la importancia anteriormente mencionada, es claro que para el aprendizaje de esta ciencia se necesita tener una serie de bases sólidas y fuertes que en la mayoría de los estudiantes no existen, complicando así el desempeño de un gran número de alumnos a la hora de interpretar la asignatura. Claramente este también es un inconveniente para los docentes quienes a su vez deben recurrir a conocimientos que se debieron adquirir con anterioridad al inicio del curso.

Buscamos con este proyecto suministrar a estudiantes y docentes un material pedagógico, claro y sencillo que brinde los conocimientos necesarios para el desempeño de la asignatura. Este material será un soporte para el aprendizaje previo y ayudará al estudiante en el proceso de redacción y análisis de la información espacial o de campo, nociones en el manejo de equipos y elaboración de carteras de campo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un material didáctico mediante videos animados como soporte del aprendizaje colaborativo para la asignatura de Topografía (Práctica).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la importancia y aplicación de la topografía en la ingeniería civil con el fin de lograr el aprendizaje sencillo y claro de la asignatura a través de la aplicación de sus técnicas: Radiación, Ángulos internos o externos, Nivelación, Poligonal, entre otras.

- Desarrollar las habilidades para realizar un levantamiento topográfico y el uso adecuado de los equipos necesarios tales como: cinta, brújula, teodolito, nivel, mira, etc.

- Fortalecer los conceptos para la elaboración de carteras de campo y así mismo el desarrollo de habilidades e interpretación de planos topográficos.

1. GENERALIDADES

1.1. HISTORIA DE LA TOPOGRAFÍA

En realidad se desconoce el origen de la topografía. Se cree que fue en Egipto donde se hicieron los primeros trabajos topográficos de acuerdo con referencia por las escenas representadas en muros y tablillas.

Los egipcios conocían como ciencia pura lo que después los griegos bautizaron con el nombre de geometría y su aplicación en lo que se pudiera considerarse como topografía o quizá, mejor dicho etimológicamente, “topometría”. Hace más de 5000 años existía la división de parcelas con fines fiscales, así como para la reinstalación de linderos ante las avenidas del Nilo.

Las primeras mediciones hechas en Egipto por los primeros cadeneros o estira 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 m.

Posiblemente, a partir del tiempo que el hombre se hizo sedentario tuvo la necesidad de hacer mediciones. 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, el palmo era la medida de 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.

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 que en Egipto se estableciera, hacia el año 3000 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 llamada “codo”, otros pueblos también la usaban y así en la Biblia aparecen referencias a esta unidad de medida y otras unidades.

Los orígenes de la profesión datan desde los tiempos de Tales de Mileto y Anaximandro, de quienes se conocen las primeras cartas geográficas y las observaciones astronómicas que añadió Erastógenes. Acto seguido, guardando la proporción de tiempo, Hiparco crea la teoría de los meridianos convergentes, y así como estos pioneros recordamos entre otros a Estrabon y Plinio, considerados los fundadores de la geografía seguidos entre otros por el Topógrafo griego Tolomeo quien actualizó los planos de la época de los Antónimos. Más tarde en Europa, se mejoran los trabajos topográficos a partir de la invención de las cartas planas. Luego en el siglo XIII con la aplicación de la brújula y de los avances de la Astronomía se descubren nuevas aplicaciones a la Topografía.

Así de manera dinámica a través del tiempo, la Topografía se hace cada vez más científica y especializada por estar ligada a lograr la representación real del planeta, en donde han ocurrido grandes avances en la topografía como la invención del telescopio, el teodolito, el equipo electrónico para la medición de distancias, computadoras, sistemas de posicionamiento global, entre otros.

1.2. IMPORTANCIA DE LA TOPOGRAFÍA

El estudio de la topografía es una parte importante en la formación de un ingeniero, aun cuando nunca practique la topografía. Le ayudará notablemente a pensar de forma lógica, a planear, a sentir orgullo del trabajo preciso y cuidadoso, y a registrar su trabajo en forma limpia y ordenada. También aprenderá mucho sobre la importancia relativa de las mediciones, desarrollará cierto sentido de la proporción en cuanto a lo que es importante y lo que no es, y adquirirá los hábitos esenciales de revisión de los cálculos numéricos y de las mediciones (necesidad para cualquier persona que se desenvuelve en el campo de la ingeniería).

1.3. RECOMENDACIONES EN LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Las mediciones topográficas se reducen básicamente a la medida de distancias y de ángulos. El ojo humano tiene un límite de percepción, más allá del cuál no se aprecian las magnitudes lineales o angulares. Por tanto, cualquier medida que se obtenga auxiliándonos de la vista será aproximada.

Para realizar las medidas se utilizarán instrumentos que ampliarán la percepción visual, disminuyendo nuestros errores, pero nunca conseguiremos eliminarlos completamente. Además los instrumentos nunca serán perfectos en su construcción y generarán otros errores que se superpondrán a los generados por la percepción visual.

También existirán errores causados por variaciones naturales como el sol, viento, humedad, temperatura, etc.

Con todos estos errores las medidas realizadas serán aproximadas y para evitar que los errores se acumulen, será necesario establecer los métodos para que los

errores posibles no rebasen un límite establecido de antemano que en topografía se llama tolerancia.

- **EQUIVOCACIONES EN LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS**

Son errores que se pueden evitar nada más operando con cuidado y atención. Generalmente se producen por descuidos, por ejemplo al hacer una lectura de una distancia de 19,336 m nos equivocamos y anotamos 21,363 m.

Los errores en sí son inevitables, generalmente muy pequeños. Por ejemplo al medir varias veces una distancia obtendremos 26,567 – 26,569 – 26,562. Ninguna medida de estas podemos asegurar que sea exacta y lo más seguro es que todas se parezcan mucho a la media real.

En cambio las equivocaciones las desecharemos y repetiremos la medida.

- **ERRORES DE MEDICION CON CINTA**

ERROR POR TEMPERATURA: Los cambios de temperatura producen deformaciones en las longitudes de las cintas usadas en el campo. En el caso de levantamientos de precisión son de importancia crítica. Por ejemplo la cinta de acero se normaliza generalmente a 20° centígrados, es decir que su longitud nominal corresponde a esta temperatura.

Si al realizar la medición la temperatura es mayor de 20° centígrados a la cinta se dilata, en caso contrario si la temperatura es menor a 20° centígrados la cinta se contrae lo que incurre en un error por temperatura.

ERROR POR CATENARIA: Cuando una cinta de acero se sostiene únicamente de sus extremos, ésta se cuelga formando una curva denominada catenaria. Se evita este error aplicando una tensión tal que produzca un alargamiento que contrarreste el error cometido por catenaria. Esta tensión se denomina Tensión Normal.

VARIACIONES DE TENSIÓN: Una cinta de acero se estira cuando se tensa, de manera que si la tensión excede la de estandarización, su longitud aumenta. Si la tensión es menor, la cinta se acorta. Este error solo se tiene en cuenta en mediciones de alta precisión.

LECTURA INCORRECTA DE LA CINTA: Una equivocación frecuente que comenten los cadeneros en las mediciones con cinta es la lectura equivocada de un número, por ejemplo leer 6 en lugar de 9, o viceversa. Con el deterioro de la cinta por el uso, estos errores son más frecuentes, debido a que los números en la cinta se desgastan.

REGISTRO DE LOS NÚMEROS: Ocasionalmente, la persona que toma los registros puede malinterpretar o escuchar mal una medición. Para prevenir este tipo de equivocaciones, es conveniente que el apuntador repita en voz alta los valores, incluyendo los decimales cuando los anota.

ALINEAMIENTO DE LA CINTA: Se presenta cuando el cadenero no pone ó ubica el piquete correctamente alineado y entonces resulta una longitud mayor. En algunos casos, es necesario usar un tránsito o teodolito para mantener la cinta alineada.

ERRORES DE MEDICION ACCIDENTALES: Debido a la imperfección de la naturaleza humana, los cadeneros no pueden leer de manera perfecta las

cintas, no pueden usar la plomada de manera infalible ni pueden colocar las estacas a perfección.

FALTA DE HORIZONTALIDAD DE LA CINTA: Si la cinta no se sostiene en posición horizontal se produce un error que ocasiona que el topógrafo obtenga distancias mayores a las reales. Estos errores son acumulativos y la mejor manera de evitarlos es usando un nivel y midiendo varias veces.

CINTA NO ESTÁNDAR: Que la cinta no tenga realmente la longitud que indica. Esto se puede evitar patronándola en una base medida con precisión y aplicando la corrección.

- **ERRORES EN LEVANTAMIENTOS CON TEODOLITO**

ERRORES PERSONALES: Son los errores más comunes en la medición de ángulos con el Teodolito. Estos no pueden ser eliminados pero sí se pueden reducir sustancialmente. A continuación, una lista de estos errores:

1. El instrumento no está centrado exactamente sobre el punto.

Si el instrumento no se centra exactamente sobre un punto, se tendrá un error en la medición del ángulo medido desde ese punto. Si los puntos visados son distantes, los errores inducidos por no centrar a la perfección el aparato serán de poca magnitud. En cambio, si las visuales son cortas, estos errores pueden ser de gran magnitud.

2. Error al no dirigir la visual exactamente al punto.

Si el hilo vertical de la retícula del telescopio no se centra perfectamente en los puntos observados, ocurren errores similares a los descritos en el numeral anterior. El proceso más importante para evitar este tipo de error es evitar las distancias cortas tanto como sea posible. Si se necesita dar visuales cortas

usar objetivos verticales tales como la plomada, jalones, entre otros, cuya apariencia a través del telescopio sea solo un poco más ancha que el grueso del hilo vertical de la retícula.

3. Asentamiento del trípode.

Las patas del trípode deben asentarse firmemente en el terreno para que presenten un apoyo macizo al instrumento. El topógrafo debe tener cuidado de no recargarse contra el instrumento y de no pisar muy cerca de las patas del trípode. Una práctica recomendable consiste en revisar los tubos de burbuja antes y después de las lecturas para verificar que permanezcan centradas.

4. Paralaje (Enfoque inadecuado del telescopio)

Este error trata sobre el enfoque deficiente del telescopio. Para minimizar dicho error se debe enfocar con cuidado el ocular hasta que desaparezca el paralaje.

6. Instrumento no nivelado.

Este se da cuando las burbujas de los niveles no están perfectamente centradas. Por lo general, el teodolito despliega un código de error o un mensaje si el instrumento no está nivelado.

ERRORES INSTRUMENTALES: Los errores instrumentales más comunes se presentan a continuación.

1. Los niveles están desajustados.
2. La línea de colimación no es perpendicular al eje horizontal.
3. Error de índice en el círculo vertical.
4. Excentricidad de los centros.
5. La directriz del nivel del anteojo no es paralela a la línea de colimación.
6. Errores debido al equipo periférico.

ERRORES NATURALES: Por lo general, los errores naturales no son suficientemente grandes para afectar el trabajo topográfico de precisión ordinaria. Por otro lado, si las condiciones climatológicas son particularmente severas deberá suspenderse el trabajo.

1. Error por cambios de temperatura.
2. Error por viento.
3. Error por refracción.

EQUIVOCACIONES COMUNES EN EL MANEJO DEL TEODOLITO

1. Nivelación insuficiente de los instrumentos.
2. Registro incorrecto de un número como por ejemplo 169°, en lugar de 196°.
3. Visar o centrar sobre un punto equivocado.
4. Girar el tornillo tangencial que no es el correcto.
5. Registro de un ángulo vertical con un signo algebraico incorrecto.

MANEJO Y CUIDADO DE LOS EQUIPOS TOPOGRÁFICOS

A continuación se dan una serie de recomendaciones de tipo general.

- Tratar el equipo con sumo cuidado, en especial cuando lo sacamos o introducimos en la caja.
- Al montar el equipo sobre el trípode, comprobar que quede bien asegurado el tornillo de sujeción.
- Transportar el conjunto aparato – trípode tomando todas las precauciones necesarias. En general, se debe desmontar el aparato del trípode para

transportarlo en su respectiva caja y el trípode se debe llevar con las patas cerradas, siempre en posición vertical.

- No abandonar el equipo estacionado donde exista la posibilidad de accidente o robo.
- Verificar que las patas del trípode queden firmemente apoyadas en el suelo y que no queden demasiado juntas.
- Nunca limpiar el ocular ni el objetivo con las manos. A falta de material apropiado, usar preferentemente un pañuelo de papel.
- No apoyar las manos sobre el trípode. Sólo accionar los tornillos.
- Al moverse alrededor del trípode, procurar no tropezar con las patas del mismo.
- La falta de cuidado de la mira puede provocar que la base tenga lodo, nieve o hielo. Esto puede causar graves errores en la nivelación. Tampoco se debe arrastrar la mira sobre el terreno y siempre después de usarla, limpiar cuidadosamente su base.

2. LABORATORIO DE LA ASIGNATURA DE TOPOGRAFIA

El procedimiento general de un levantamiento tiene dos etapas: el trabajo de campo y el de oficina; enseguida se detalla que contiene cada etapa del laboratorio.

Trabajo de Campo: En esta primera etapa se realizan las mediciones sobre el terreno, para lo cual es necesario:

- Reconocer el terreno.
- Seleccionar la práctica que se ajuste al levantamiento.
- Determinar los instrumentos de medición.
- Realizar las mediciones y materializar los puntos.
- Registrar los datos de las mediciones en la cartera de campo.

Al finalizar el trabajo de campo se continúa con el trabajo de oficina.

Trabajo de Oficina: Esta segunda etapa del levantamiento topográfico incluye: calcular distancias, ángulos, direcciones (azimut y/o rumbos), las proyecciones, coordenadas, áreas, volúmenes y cotas según sea necesario.

Los cálculos se realizan a partir de los datos tomados en campo por medio de procedimientos matemáticos, geométricos y trigonométricos.

2.1. LABORATORIO: LEVANTAMIENTO POR BASE MEDIDA O DOBLE RADIACIÓN

Una vez que conocemos los aparatos topográficos y sabemos medir ángulos y distancias, realizaremos el levantamiento topográfico por base medida, el cual se emplea para levantar terrenos más o menos planos y de un área no tan extensa. Este tipo de levantamiento tiene una característica especial, sólo se realiza una sola medida de distancia horizontal con cinta en el terreno y ésta corresponde a la base. Este levantamiento también conocido como intersección de visuales, es un método de levantamiento de poligonales cerradas.

OBJETIVO

Adquirir habilidad en el proceso de armar, centrar, nivelar y usar un teodolito y realizar el laboratorio de levantamiento por base medida o doble radiación, aplicando los conocimientos de la trigonometría para determinar las distancias de las poligonales.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Teodolito.
- Cinta métrica.
- Plomadas.
- Jalones.
- Estacas.
- Porra o Martillo.

PROCESO DE CAMPO

Reconocimiento y Demarcación del terreno a medir: una vez determinados los vértices del polígono los materializamos por estacas, esquinas de edificios, postes, etc.

Figura 1. Demarcación del terreno.



Fuente: Autores.

Localización de la base interna: ubicados en el terreno localizamos dos puntos A y B por medio de estacas, los cuales deben ser visibles entre sí, fáciles de medir y además que todos los vértices del polígono sean visibles desde A y B. La orientación de la línea \overline{AB} debe ser tal que no quede alineada con algún vértice de la poligonal, teniendo en cuenta que no forme un ángulo tan agudo o demasiado plano con cualquiera de los vértices

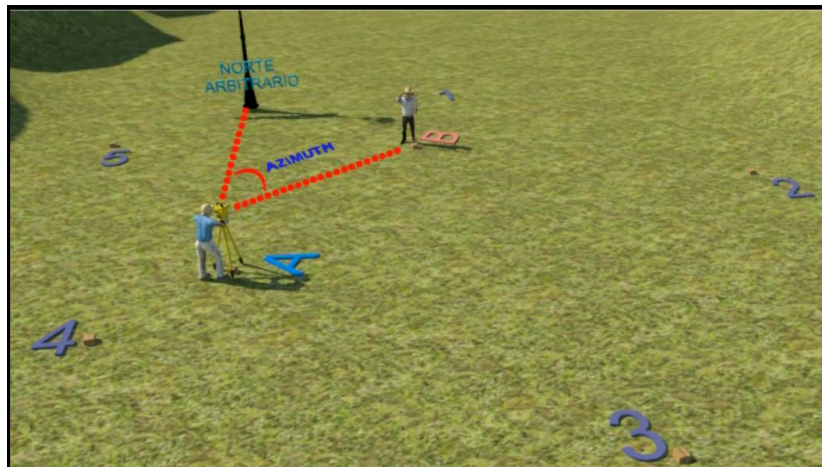
Figura 2. Localización de la base interna.



Fuente: Autores.

Medición de azimut desde la estación A: se centra y nivela el teodolito en A y definimos un Norte ya sea arbitrario o magnético, fijamos ángulos horizontales en cero grados y damos vista al Norte. Soltamos ángulos al teodolito y damos vista a la estación B leyendo el azimut AB y midiendo su respectiva distancia horizontal. Posteriormente procedemos a dar vista a los vértices del polígono leyendo el azimut de las visuales A1, A2, A3, hasta el último vértice. Por último damos vista de nuevo a B para conocer el error angular.

Figura 3. Medición de Azimut desde la estación A.



Fuente: Autores.

Medición de los ángulos horizontales desde la estación B: leídos los azimut en A, centramos y nivelamos el teodolito en B y fijamos los ángulos horizontales en cero grados al dar visual hacia A y medimos la distancia \overline{AB} . Soltamos ángulos al teodolito y damos vista a los vértices del polígono, midiendo de esta forma los respectivos ángulos horizontales $\widehat{AB1}$, $\widehat{AB2}$ y $\widehat{AB3}$ hasta el último vértice. Después miramos de nuevo al punto A para calcular el error angular

Figura 4. Medición de la distancia \overline{AB} .



Fuente: Autores.

Tabla 1. Ejemplo de Cartera de Campo: Levantamiento por Base Medida.

B	A		359°59'30"	25.23			
	5		351°15'40"				
	4		330°13'15"				
	3		290°18'50"				
	2		160°25'25"				
1		48°15'40"					
A	A		00°00'00"	25.18	N. Arbitrario.		
B	B	35°45'05"					
5	5	225°17'00"					
4	4	76°19'40"					
3	3	55°05'20"					
2	2	30°18'30"					
1	1	18°26'05"					
B	B	35°44'45"					
N	N	00°00'00"					
Δ	\square	AZIMUT	< Horizontal	Distancia	OBS	CROQUIS	

Fuente: Autores.

2.2. LABORATORIO: LEVANTAMIENTO POR ÁNGULOS INTERNOS-EXTERNOS

Cuando la exigencia en precisión en un levantamiento es alta, es preciso realizar el levantamiento valiéndose del método de la lectura de los ángulos internos o externos. Este método diseña la poligonal de tal forma que se configure un polígono de circuito cerrado, permitiendo revisar y ajustar medidas angulares y longitudinales, de esta manera se tendrán los datos necesarios para poder efectuar los ajustes respectivos. Este tipo de levantamiento es aplicable para cualquier levantamiento planimétrico con multitud de fines, con o sin ayuda de detalles.

OBJETIVO

Realizar el Levantamiento de una poligonal cerrada y realizar la medición de todas sus dimensiones y ángulos usando el teodolito.

EQUIPOS Y MATERIALES

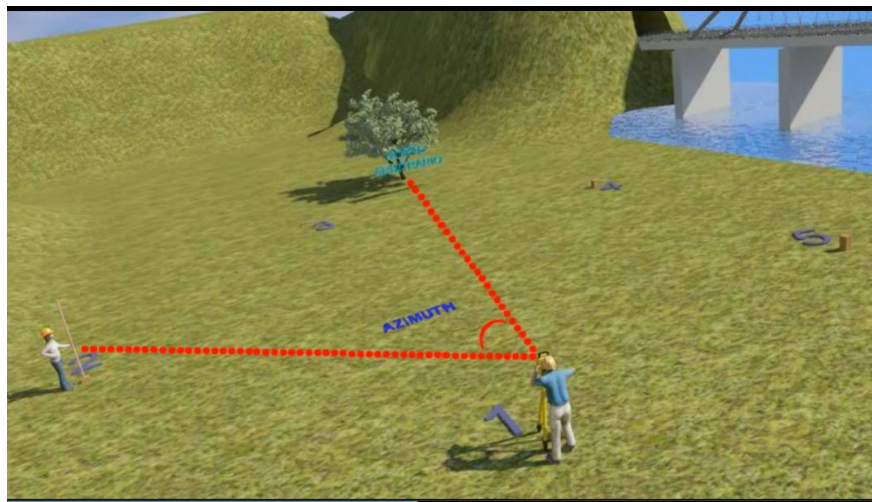
- Teodolito.
- Cinta métrica.
- Plomadas.
- Jalones.
- Estacas.
- Porra o Martillo.

PROCESO DE CAMPO

Reconocimiento y Demarcación del terreno a medir. Una vez determinados los vértices del polígono los materializamos por estacas.

Centrar y nivelar el teodolito en la primera estación. Orientamos el equipo dando vista al Norte magnético o arbitrario y colocamos los ángulos horizontales del aparato en ceros y barremos el azimut hacia la estación 2 (azimut de partida, este dato es muy importante ya que es el ítem para comprobar el perfecto ajuste de la poligonal) tomando su respectiva lectura. Registramos la distancia horizontal entre las dos estaciones.

Figura 5. Medición del Azimut entre el Norte Magnético y la estación 2.

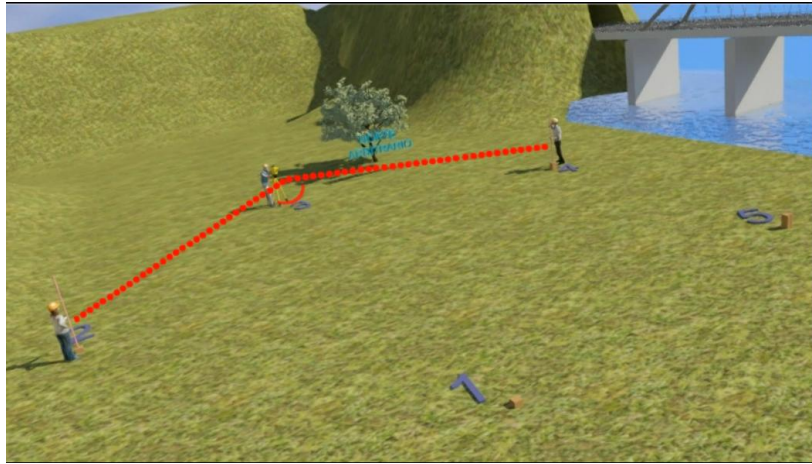


Fuente: Autores.

Trasladamos el teodolito a la estación dos, centramos, nivelamos y colocamos el ángulo horizontal en ceros observando a la primera estación. Posteriormente giramos el aparato hasta visualizar la estación tres, registrando el ángulo entre $1\hat{2}3$ y la distancia horizontal $\overline{23}$. El ángulo registrado puede ser el externo o el interno.

El procedimiento se repite hasta llegar a la última estación (n), en donde el aparato se orienta con la penúltima estación y se gira hasta localizar la primera estación, registrándose el ángulo $\langle(n-1)(n)(n+1)\rangle$ y la respectiva distancia horizontal.

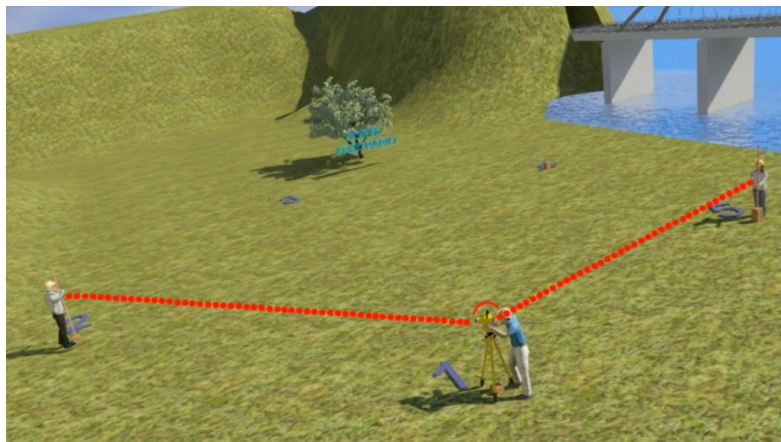
Figura 6. Medición ángulo interno $\hat{234}$.



Fuente: Autores.

Por último es necesario volver a la primera estación y tomar el ángulo entre la última, la primera y la segunda estación $\hat{12}$. No olvidemos que una cosa es el azimut de partida tomado entre las estaciones 1 y 2 cuyo punto de orientación (ceros) es la Norte, y otra muy distinta el ángulo observado en la estación 1 en donde el punto de orientación (ceros) corresponde a la última estación.

Figura 7. Medición ángulo horizontal $\hat{12}$.



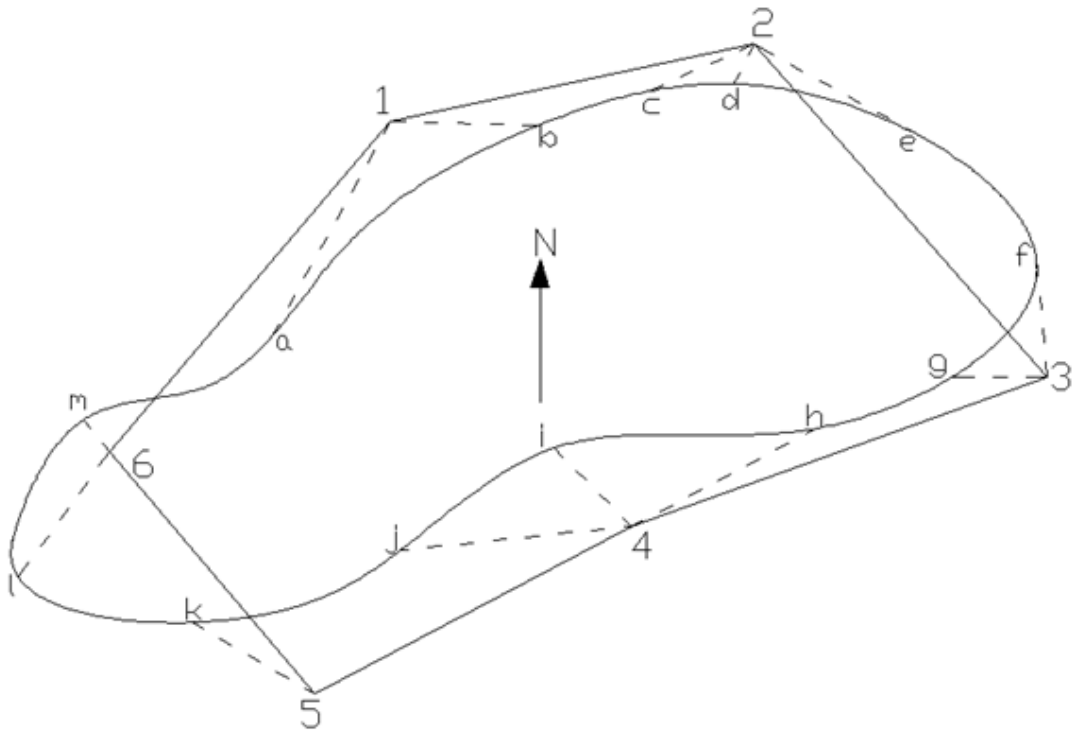
Fuente: Autores.

DETALLES POR RADIACIÓN

Cuando el lote a medir es demasiado extenso, diseñamos un polígono en donde se pueda observar todos los detalles del lote. En cada vértice de la poligonal tomamos los datos suficientes del perímetro del lote y demás detalles. Estos puntos se determinan por radiación, o sea, anotando su azimut y distancia desde la estación correspondiente.

Sea un lote como el que se muestra en la figura 8 y 1-2-3-4-5-6-7-1, el polígono. Los puntos que determinamos por radiación son a, b, c, d, e,, m.

Figura 8. Detalles por Radiación.

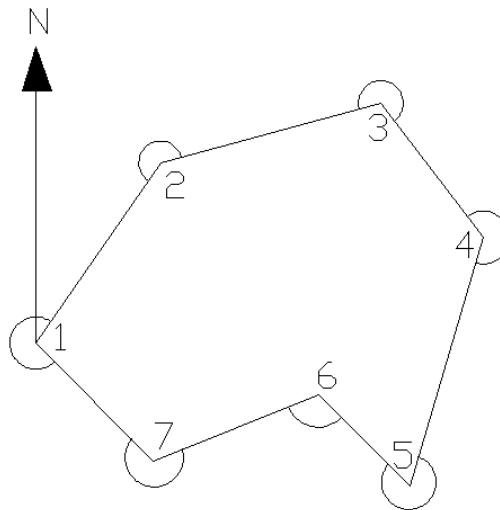


Fuente: Autores.

- **Ángulos Externos**

Si procedemos a recorrer el polígono en sentido horario, los ángulos leídos después de dar vista hacia el punto anterior y barrer el ángulo serán ángulos externos del polígono. Ver figura 9.

Figura 9. Poligonal de circuito con ángulos externos.

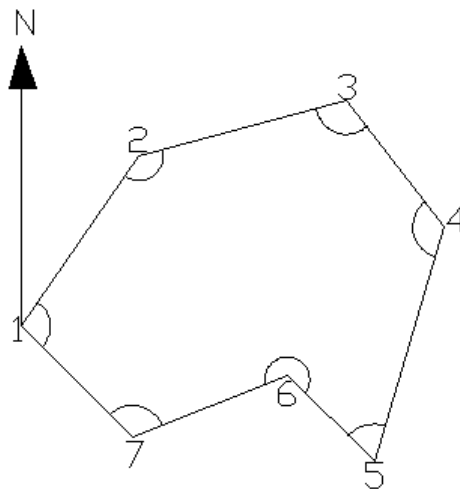


Fuente: Autores.

- **Ángulos Internos**

Si recorremos el polígono en sentido anti horario, entonces los ángulos barridos después de dar vista atrás serán ángulos internos. Ver figura 10.

Figura 10. Poligonal de circuito con ángulos internos.



Fuente: Autores.

En la tabla 2 se ilustra la cartera de campo para un levantamiento topográfico por ángulos externos.

TABLA 2. Ejemplo de Cartera de campo: Levantamiento ángulos externos.

1	2		245°46'50"	84.94	EST	
	7		00°00'00"			
7	1		258°20'10"	59.856	EST	
	6		00°00'00"			
6	7		117°15'40"	86.358	EST	
	5		00°00'00"			
5	6		303°53'20"	63.15	EST	
	4		00°00'00"			
4	5		228°05'40"	92.344	EST	
	3		00°00'00"			
3	4		248°16'10"	85.29	EST	
	2		00°00'00"			
2	3		218°21'50"	75.272	EST	
	1		00°00'00"			
1	2	38°12'45"		84.94	EST	
	N.M	00°00'00"			N.Mag	
Δ	PUNTO	AZIMUT	< HORIZONTAL	DISTANCIA	OBS	CROQUIS

Fuente: Autores.

2.3. LABORATORIO: NIVELACION, CONTRANIVELACION Y SECCIONES TRANSVERSALES

La altimetría considera las diferencias de altura entre puntos de un terreno, para conocer estas alturas hay que medir distancias verticales directa o indirectamente, este proceso se llama nivelación.

La nivelación consiste en determinar la diferencia del desnivel entre los puntos de un terreno o superficie terrestre. La nivelación es de precisión cuando se utiliza el nivel de precisión, y de no precisión cuando se emplean niveles de mano, como el Locke y el Abney.

La nivelación que utilizaremos será geométrica compuesta, pues en ella utilizaremos el nivel de precisión y la mira para leer las distancias verticales con el fin de obtener las alturas de los puntos en la superficie terrestre, es compuesta porque el nivel de precisión se arma en diferentes puntos del terreno y desde estos puntos realiza nivelaciones simples que se ligan entre si, por medio de puntos de cambio.

La contranivelación es una nivelación en sentido contrario a la nivelación; esta sólo nivela los puntos de cambio y BN's, se inicia en el BN final y se termina en el BN inicial. Se puede tomar la misma ruta de nivelación u otra diferente. El fin de la contranivelación es la de obtener el error del levantamiento.

Ligada a la nivelación están las secciones transversales que son líneas o perfiles que se realizan de forma perpendicular al eje trazado; éstas proporcionan la información necesaria para hallar: las cotas redondas (alturas del mismo nivel), la ubicación de la banca de la vía, los volúmenes de movimiento de tierra, entre otras.

OBJETIVO

Realizar correctamente la nivelación, contranivelación y la topografía de las secciones transversales, conociendo el procedimiento por el cual se determinan diferencias de nivel entre puntos, y a su vez establecer la aplicación práctica de esta actividad en desarrollo o ejercicio profesional.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Estacas.
- Nivel de precisión.
- Nivel de Mano: Locke.
- Mira.
- Cinta métrica.
- Porra o Martillo.

PROCESO DE CAMPO

- **Nivelación**

Definimos y marcamos el eje o alineamiento sobre el terreno, se abscisa según requerimientos del proyecto de nivelación o complejidad topográfica; en este ejemplo se hará cada 10 metros.

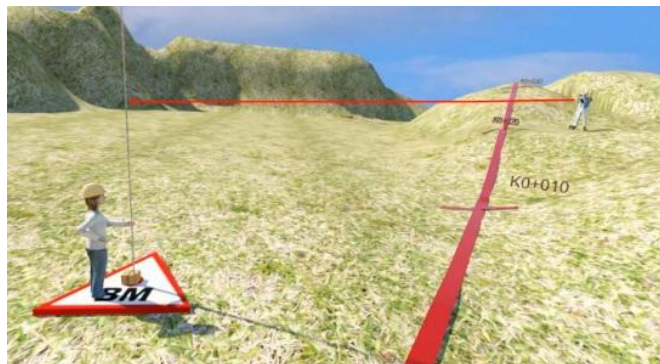
Figura 11. Trazo del alineamiento.



Fuente: Autores.

Definimos el BN_{inicial} ó $BN\#1$, armamos y nivelamos el nivel de precisión en un punto cualquiera al que llamaremos posición 1, de tal forma que se vea el BN y el mayor número de abscisas o puntos a nivelar. Ubicamos la mira sobre el $BN\#1$, y con el nivel de precisión lanzamos una visual a la mira y hacemos la respectiva lectura, la cual será vista atrás, $V_{(+)}$, para conocer la altura instrumental.

Figura 12. Lectura al BN_{inicial} .

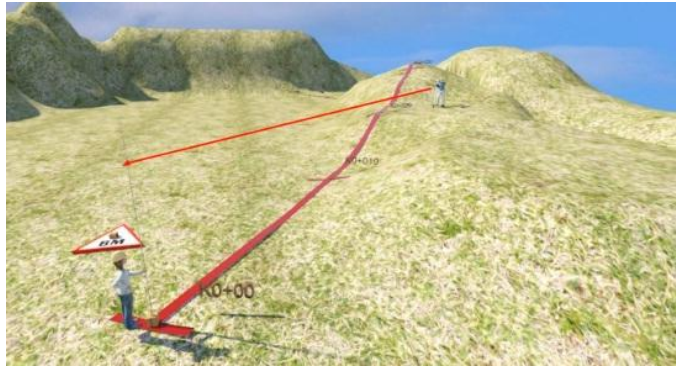


Fuente: Autores.

Luego, ubicamos la mira en la abscisa $K0+00,00$ y se lee dicho valor sobre ésta, siendo este valor una vista intermedia $V_{(-)}$, y sigue ubicando la mira en las

siguientes abscisas que se alcancen a ver desde esta posición del nivel, las vistas de estas lecturas son intermedias, $V_{(-)}$.

Figura 13. Lectura intermedia a la primera abscisa.



Fuente: Autores.

Cuando al hacer la lectura de la mira no podemos ver o leer más abscisas desde la posición 1 del nivel de precisión, se materializa un punto de cambio, C#1, el cual se hace sobre otro punto arbitrario; ubicamos la mira en dicho punto y desde la posición 1 hacemos la lectura con el nivel de precisión, lectura que será vista adelante, $V_{(-)}$. Los puntos de cambio deben quedar materializados, es decir, se deben marcar con estacas, para realizar las lecturas y hallar sus cotas.

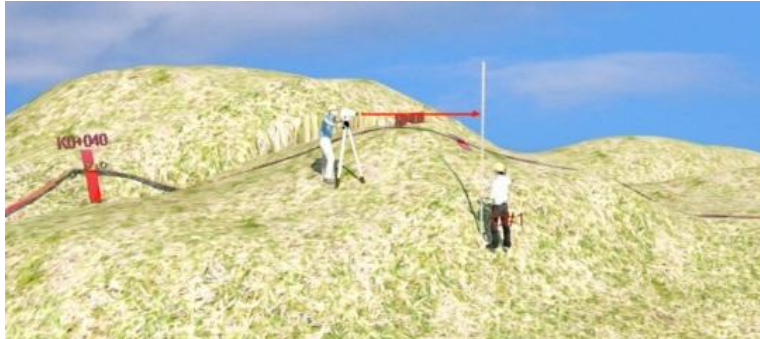
Figura 14. Lectura al C#1 desde la posición 1.



Fuente: Autores.

Cambiamos de posición el equipo y lo armamos en otro punto (segunda posición) de tal forma que veamos el C#1 y el mayor número de abscisas. Ubica primero la mira en C#1 y leemos una vista atrás, $V_{(+)}$.

Figura 15. Lectura al C#1 desde la posición 2.



Fuente: Autores.

Luego desde la posición 2 leemos las abscisas que vean desde este nuevo punto con las respectivas vistas intermedias, $V_{(-)}$.

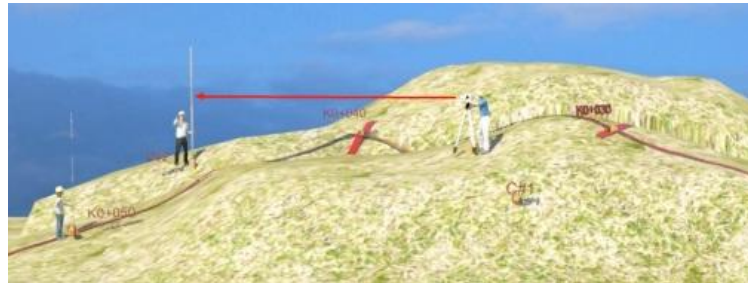
Figura 16. Lectura intermedia de una abscisa.



Fuente: Autores.

Al no ver más abscisas, realiza un nuevo cambio, C#2, sobre un punto arbitrario, ubicamos la mira sobre este cambio y leemos vista adelante, $V_{(+)}$.

Figura 17. Lectura al C#2 desde la posición 2.



Fuente: Autores.

Armamos el nivel de precisión en una tercera posición de modo que se vea el C#2 y el mayor número de abscisas, se ubica la mira en el C#2 y se lee una vista atrás, $V_{(-)}$.

Figura 18. Lectura al C#2 desde la posición 3.



Fuente: Autores.

Luego ubicamos la mira en las abscisas que puedan ver desde la posición tres haciendo lecturas que corresponden a las vistas intermedias, $V_{(-)}$.

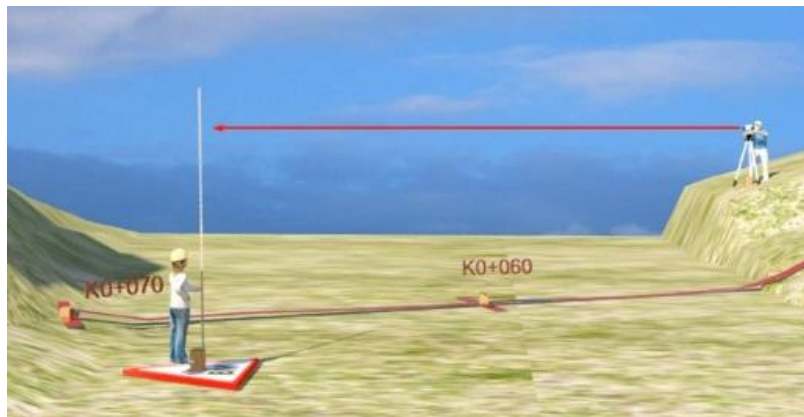
Figura 19. Lectura intermedia de una abscisa.



Fuente: Autores.

Seguimos este proceso, utilizando tantos puntos de cambio necesarios hasta nivelar todo el eje, y para terminar definimos o buscamos el BN_{final} ó $BN\#2$, ubicamos la mira sobre el $BN\#2$ y leemos una vista adelante, $V_{(-)}$, terminando así el proceso de nivelación.

Figura 20. Lectura del BN_{final} .



Fuente: Autores.

- **Contranivelación**

Se realiza desde el BN_{final} ó $BN\#2$, hasta el $BN_{inicial}$ ó $BN\#1$, siguiendo la misma ruta de nivelación y tomando solo lectura de los BN 's y los puntos de cambio.

Arma el nivel en un punto donde pueda leer BN_{final} , $BN-2$, y el último cambio ($C\#2$), ubicados con el nivel de precisión leemos con vista atrás, $V_{(+)}$, al $BN-2$.

Figura 21. Contranivelación. Lectura del BN_{final} .



Fuente: Autores.

Y con vista adelante, $V_{(-)}$, al cambio ($C\#2$).

Figura 22. Contranivelación. Lectura del $C\#2$, vista adelante.



Fuente: Autores.

Luego nos trasladamos con el nivel de precisión a otro punto de tal forma que $C\#2$ y $C\#1$ sean visibles y miramos con vista atrás, $V_{(+)}$ al $C\#2$.

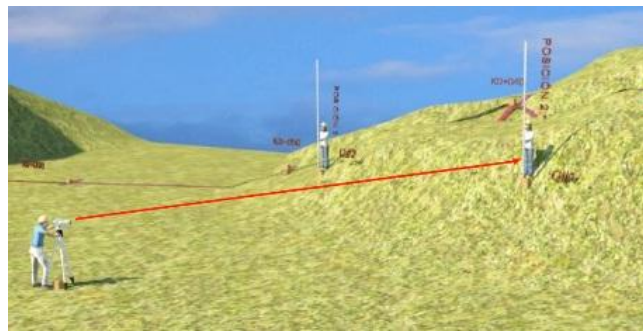
Figura 23. Contranivelación. Lectura del C#2, vista atrás.



Fuente: Autores.

Y con vista adelante $V_{(-)}$, C#1.

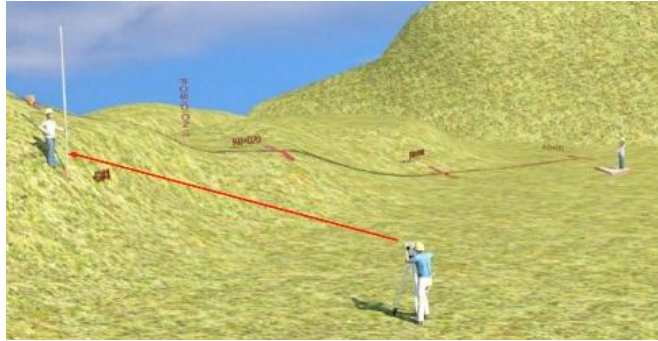
Figura 24. Contranivelación. Lectura del C#1, vista adelante.



Fuente: Autores.

Por último nos ubicamos en otro punto donde miremos al C#1 y BN_{inicial} , miramos con vista atrás, $V_{(+)}$ al C#1.

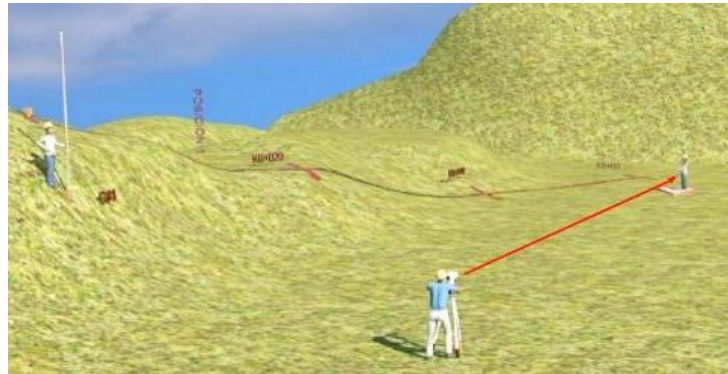
Figura 25. Contranivelación. Lectura del C#1, vista atrás.



Fuente: Autores.

Y con vista adelante $V_{(-)}$, al $BN_{inicial}$, $BN\#1$.

Figura 26. Contranivelación. Lectura del $BN_{inicial}$.



Fuente: Autores.

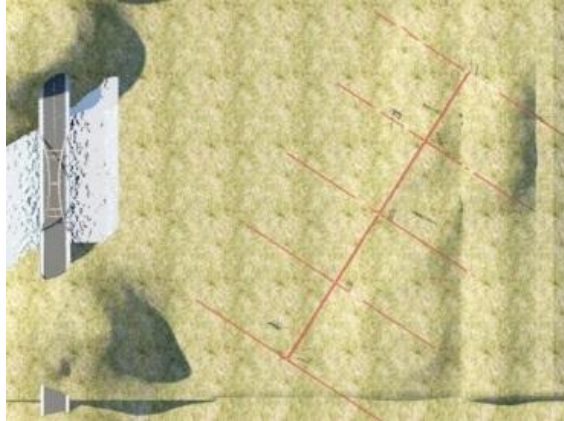
Si encontramos más cambios se procede igual hasta terminar en el $BN_{inicial}$, $BN\#1$, siempre con vista adelante, $V_{(-)}$.

- **Topografía de las Secciones Transversales**

Levantamos normales o perpendiculares a cada lado del eje en la abscisa a la izquierda y derecha. Su distancia depende de los cambios de pendiente, de la variabilidad topográfica del terreno o requerimientos del proyecto.

En este ejemplo tomamos distancias de 7,50 [m] y 15 [m] desde el eje medidas a cada lado.

Figura 27. Secciones Transversales. Trazado de perpendiculares.



Fuente: Autores.

Pueden hacer las lecturas con el nivel de precisión o nivel Locke, en este ejemplo utilizaremos el nivel de precisión. Armamos el nivel de precisión en la abscisa y lanzan la visual leyendo la diferencia de nivel que hay en cada distancia. Las diferencias de nivel pueden ser positivas o negativas según la lectura en la mira.

Figura 28. Lectura de la diferencia de nivel, K0+00,00.



Fuente: Autores.

Ejecuta este procedimiento en todas las abscisas del eje hasta completar el alineamiento.

Figura 29. Lectura de las diferencia de nivel, abscisa K0+10,00.



Fuente: Autores.

**Tabla 3. Ejemplo de Cartera de Campo Levantamiento de Altimetría:
Nivelación y Contranivelación.**

ABCISA	V(+) Atrás	V(-) Inter	V(-) Adelante	Cota	hi
BN# 1	0,460			980,000	980,460
Ko + 00,00		0,300		980,160	
Ko + 10,00		0,510		979,950	
Ko + 20,00		0,550		979,910	
Ko + 30,00		1,360		979,100	
C #1	0,272		1,333	979,127	979,399
Ko + 40,00		1,100		978,299	
Ko + 50,00		1,520		977,879	
Ko + 60,00		1,900		977,499	
C # 2	0,460		1,857	977,542	978,002
Ko + 70,00		1,110		976,892	
Ko + 80,00		1,530		976,472	
Ko + 90,00		2,000		976,002	
C # 3	0,440		2,369	975,633	976,073
Ko + 100,00		1,110		974,963	
Ko + 110,00		1,730		974,343	
BN # 2			2,882	973,191	
CONTRANIVELACION					
BN # 2	2,882			973,191	976,073
C #3	1,978		0,44	975,633	977,611
C #2	1,85		0,075	977,536	979,386
C #1	1,687		0,272	979,114	980,801
BN # 1			0,81	979,991	

Fuente: Autores.

**Tabla 4. Ejemplo de Cartera de Campo Levantamiento de Altimetría:
Secciones Transversales.**

0,29	0,02	<u>974,352</u> Ko + 110,00	1,07	2,52
0,2	0,09	<u>974,972</u> Ko + 100,00	2,59	2,65
0,20	0,25	<u>976,008</u> Ko + 90,00	2,81	2,53
0,24	0,29	<u>976,478</u> Ko + 80,00	2,81	2,40
0,22	0,35	<u>976,898</u> Ko + 70,00	0,19	2,00
0,25	0,45	<u>977,502</u> Ko + 60,00	0,19	1,25
0,20	0,39	<u>977,882</u> Ko + 50,00	0,19	2,91
0,18	0,25	<u>978,302</u> Ko + 40,00	1,46	2,15
0,20	0,20	<u>979,100</u> Ko + 30,00	0,19	0,70
0,25	0,09	<u>979,910</u> Ko + 20,00	1,46	0,92
0,35	0,18	<u>979,950</u> Ko + 10,00	1,46	1,00
0,40	0,30	<u>980,160</u> Ko + 00,00	2,81	2,91
15,00 [m]	7,50 [m]	ABSCISA	7,50 [m]	15,00 [m]
DIFERENCIA DE NIVEL			DIFERENCIA DE NIVEL	
IZQUIERDA		EJE	DERECHA	

Fuente: Autores.

2.4. LABORATORIO: DISEÑO Y MATERIALIZACION DE UNA CURVA HORIZONTAL SIMPLE

La curva horizontal simple es una de las curvas que se emplea en las vías de comunicación para cambiar la dirección de un alineamiento, uniendo tramos rectos o tangentes.

En este laboratorio materializaremos una curva constituida por una sola circunferencia. Antes de iniciar con la materialización se realiza un proceso previo para conocer las medidas de sus elementos.

OBJETIVO

Realizar correctamente la materialización de una curva horizontal simple y reconocer la importancia de la curva y sus elementos, estableciendo aplicaciones prácticas de esta actividad en el desarrollo o ejercicio profesional.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Estacas.
- Teodolito.
- Cinta métrica.
- Jalón.
- Plomadas.
- Ploma o Martillo.
- Calculadora.

PROCESO DE CAMPO

Es importante realizar previamente un proceso de oficina, pues sin hacer los cálculos pertinentes no se tendría conocimiento en el proceso de campo la ubicación de las estacas que materializan la curva.

Para poder calcular una curva horizontal simple se debe tener como base tres elementos conocidos de ella, uno de ellos medido en campo y los otros dos conocidos de acuerdo a las especificaciones o consideraciones que exija el tipo de diseño de la vía; son éstos: ángulo de deflexión (Δ), radio (R) y cuerda (C), respectivamente. En algunos casos se conoce la tangente (T) y de esta se puede despejar el radio (R) y así continuar con el proceso de cálculo.

Con base en algunas definiciones, ecuaciones definidas en el glosario, encontramos los elementos geométricos faltantes de la curva horizontal simple.

Tenemos la siguiente información conocida para la curva a diseñar y materializar: $\Delta = 48^{\circ}00'00''$; R = 30 [mts]; C = 5 [mts], abscisa del PI = K0+40,00.

Con lo anterior definido hallamos los elementos restantes.

Grado de Curvatura

$$G = 2 * \sin^{-1} \left(\frac{C}{2 * R} \right) = 2 * \sin^{-1} \left(\frac{5}{2 * 30} \right) = 09^{\circ}33'37,38'' \cong 09^{\circ}33'37''$$

Tangente

$$T = R * \tan \left(\frac{\Delta}{2} \right) = 30 * \tan \left(\frac{48^{\circ}00'00''}{2} \right) = 13,36 \text{ [mts]}$$

Externa

$$E = T * \tan\left(\frac{\Delta}{4}\right) = 13,36 * \tan\left(\frac{48^{\circ}00'00''}{4}\right) = 2,84 \text{ [mts]}$$

Ordenada Media

$$M = R * \left[1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right] = 30 * \left[1 - \cos\left(\frac{48^{\circ}00'00''}{2}\right)\right] = 2,59 \text{ [mts]}$$

Longitud de la Curva

$$L = \frac{C * \Delta}{G} = \frac{5 * 48^{\circ}00'00''}{09^{\circ}33'37''} = 25,10 \text{ [mts]}$$

Cuerda Larga

$$C_L = 2 * R * \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 2 * 30 * \sin\left(\frac{48^{\circ}00'00''}{2}\right) = 24,40 \text{ [mts]}$$

Conociendo la abscisa del PI y el valor de la tangente hallamos el valor de la abscisa del PC.

$$PC = PI - T$$

$$PC = K0 + 40,00 - 13,36 = 26,64 \text{ [mts]}$$

$$\text{Abscisa PC} = K0 + 26,64 \text{ [mts]}$$

Al sumarle la longitud de curva (L) al PC, se encuentra el PT. Se debe tener en cuenta que la abscisa se calcula a partir de PC y no del PI.

$$PT = PC + L$$

$$PT = 26,64 + 25,10 = 51,74 \text{ [mts]}$$

$$\text{Abscisa PT} = K0 + 51,74 \text{ [mts]}$$

Las deflexiones también hace parte de la materialización de la curva, y se hallan dos tipos de deflexiones: deflexión por tramo de cuerda y deflexión por cada metro lineal, esta última es porque las abscisas del PC y PT no son siempre números cerrados (múltiplos exactos de la cuerda).

Deflexión por Cuerda

$$d_c = \frac{G}{2} = \frac{09^{\circ}33'37''}{2} = 04^{\circ}46'48,5'' \cong 04^{\circ}46'49''$$

Deflexión por metro Lineal

$$d_m = \frac{G}{2 * C} = \frac{09^{\circ}33'37''}{2 * 5} = 00^{\circ}57'21,74'' \cong 00^{\circ}57'22''$$

La abscisa del PC es K0+26,64 para llegar al K0+30,00 que es la siguiente abscisa cerrada faltan 3,36 [m], es por esta razón que se halla la deflexión por metro lineal.

Para K0+30,00

$$3,36 * 00^{\circ}57'22'' = 03^{\circ}12'45,12''$$

Para K0+35,00

$$03^{\circ}12'45,12'' + 04^{\circ}46'49'' = 07^{\circ}59'34,12''$$

Para K0+40,00

$$07^{\circ}59'34,12'' + 04^{\circ}46'49'' = 12^{\circ}46'23,12''$$

Para K0+45,00

$$12^{\circ}46'23,12'' + 04^{\circ}46'49'' = 17^{\circ}33'12,12''$$

Para K0+50,00

$$17^{\circ}33'12,12'' + 04^{\circ}46'49'' = 22^{\circ}20'01,12''$$

Para K0+51,74 → Abscisa del PT

$$51,74 - 50,00 = 1,74$$

$$1,74 * 00^{\circ}57'22 = 01^{\circ}39'49,08$$

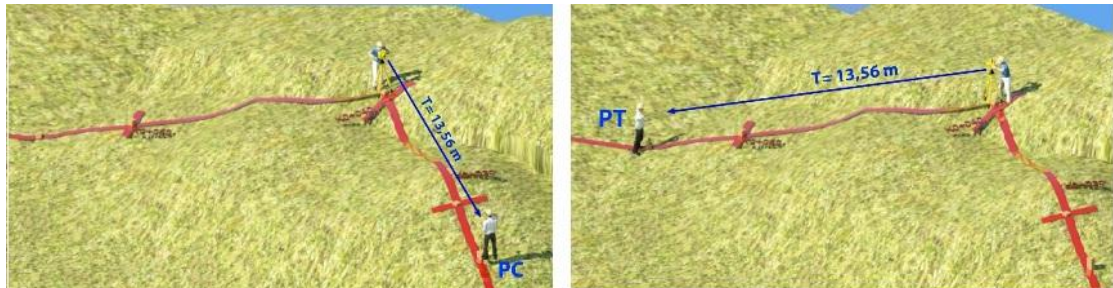
$$22^{\circ}20'01,12 + 01^{\circ}39'49,08 = 23^{\circ}59'50,2'' \cong 24^{\circ}00'00''$$

Como comprobación, la última deflexión tiene que coincidir con la mitad del ángulo de deflexión de la curva.

La cartera diseñada en oficina se lleva al campo para la localización y materialización de la curva.

Localiza y nivela el teodolito en el PI, dando vista al inicio y final del alineamiento, medimos las tangentes para localizar el PC y el PT, respectivamente.

Figura 30. Alineación y medición de las tangentes



Fuente: Autores.

Arma y nivela el teodolito en el PC, y mira al PI con ángulos horizontales en 00°00'00".

Figura 31. En el PC, ángulos horizontales en cero.

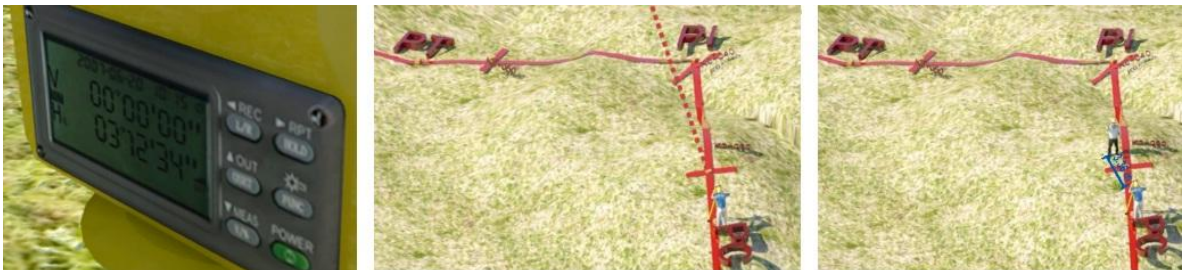


Fuente: Autores.

Desde ahí iniciamos la localización y materialización de la curva con las deflexiones y distancias halladas previamente, midiendo y dando vista desde el PC.

Primera deflexión $03^{\circ}12'34''$ a 3,36 [m] del PC.

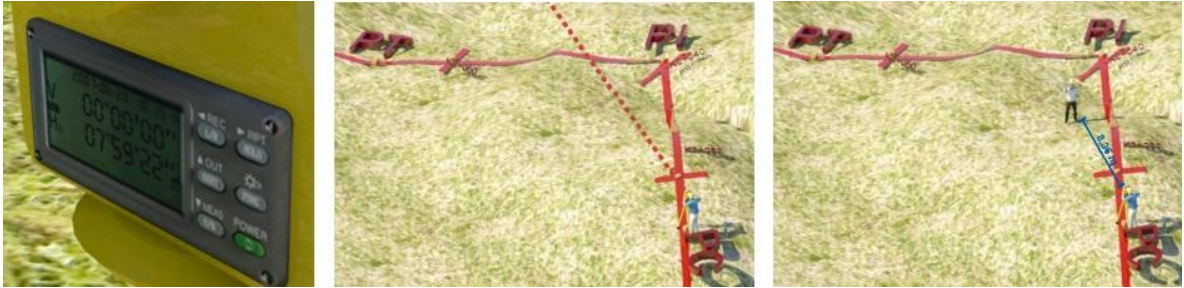
Figura 32. Materialización de la primera deflexión.



Fuente: Autores.

Segunda deflexión $07^{\circ}59'22''$ a 8,36 [m] del PC.

Figura 33. Materialización de la segunda deflexión.



Fuente: Autores.

Tercera deflexión $12^{\circ}46'10''$ a 13,36 [m] del PC.

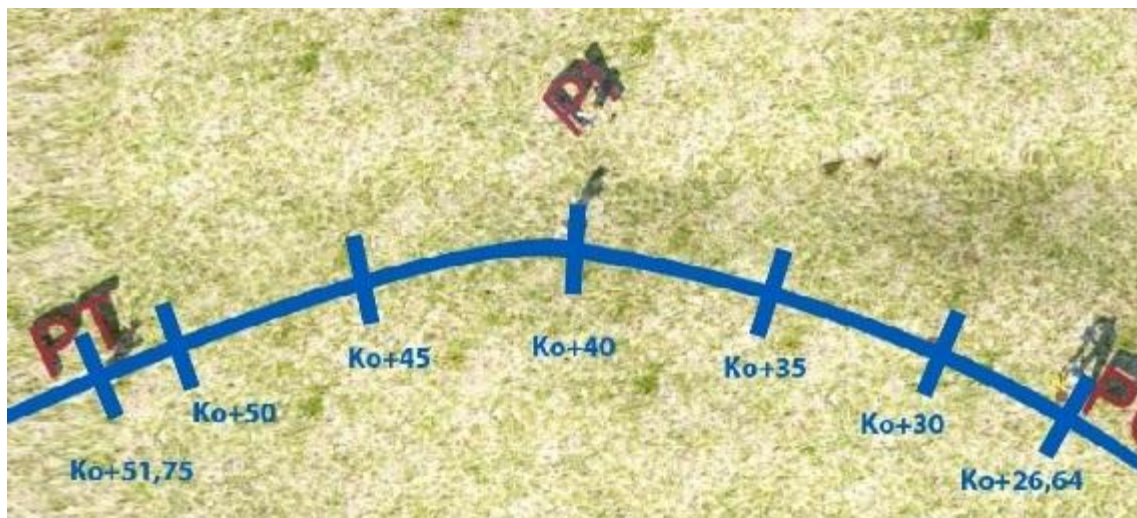
Figura 34. Materialización de la tercera deflexión.



Fuente: Autores.

Continuamos así hasta cerrar la curva en el PT, quedando materializada y diseñada la curva así (vista en planta). Ver figura 35.

Figura 35. Materialización de la curva.



Fuente: Autores.

Tabla 5. Ejemplo de Cartera de Campo: Diseño y Materialización de una Curva Horizontal Simple.

PT1	K1 + 50,00					
	K1 + 40,00					
	K1 + 30,00					
	K1 + 20,00				$\Delta = 48$	grados
	K1 + 10,00				$R = 30$	mts
	K1 + 00,00				$C = 5$	mts
	K0 + 90,00				$T = 13,3568606$	mts
	K0 + 80,00				$E = 2,83908836$	mts
	K0 + 70,00				$M = 2,59363627$	mts
	K0 + 60,00					
PT1	K0 + 51,74	24°00'00"	24°00'00"	25,10	$G_c = 9^\circ 33' 37''$	Grado de Curvatura
	K0 + 50,00	22°19'48,20"	22°19'48"	23,36	$L_c = 25,103595$	mts
	K0 + 45,00	17°32'59,51"	17°33'00"	18,36	$L_c T = 24,4041986$	mts
	K0 + 40,00	12°46'10,82"	12°46'10"	13,36		
	K0 + 35,00	07°59'22,13"	07°59'22"	8,36	$D_c = 04^\circ 46' 48''$	Deflexion por Cuerda
	K0 + 30,00	03°12'33,43"	03°12'34"	3,36		
	PC1	K0 + 26,64	00°00'00"	00°00'00"	0,00	$D_{ml} = 00^\circ 57' 22''$
K0 + 20,00						
K0 + 10,00						
K0 + 00,00						
⊙	ABSCISAS	CALCULADA	MATERIALIZADA	DISTANCIA	ELEMENTOS	OBSERVACIONES
		DEFLEXIONES				

Fuente: Autores.

2.5. PRÁCTICA DE LABORATORIO: DISEÑO DE UN PERFIL VIAL

El perfil es una representación de tipo lineal que permite establecer diferencias altitudinales que se presentan a lo largo de un recorrido, clasificadas como longitudinales y transversales. Los perfiles son importantes en la construcción de obras civiles de gran envergadura, por ejemplo caminos o carreteras, alcantarillados, oleoductos, etc.

OBJETIVO

Aprender los procedimientos para diseñar y dibujar un perfil vial a partir de mapas topográficos o mapas de curvas de nivel, estableciendo aplicaciones prácticas de esta actividad en el desarrollo o ejercicio profesional.

PROCESO DE OFICINA

Simultáneamente a un diseño en planta y alineamiento horizontal de la vía se debe ir dibujando el correspondiente perfil o alineamiento vertical del eje de la vía del proyecto.

Las cotas de cada una de las abscisas se hallan por interpolación matemática entre curvas de nivel; éstas serán las cotas negras (CN) y será el perfil del terreno.

Figura 36. Eje de la Vía



Fuente: Autores.

Ejemplo. Teniendo dibujado el perfil del terreno traza la línea de pendiente, que será el eje de la superficie de rodamiento. Esta línea se debe dibujar para tener en cuenta no sobrepasar las especificaciones acerca de la pendiente máxima requerida para el proyecto. Cuando la línea de pendiente no pueda cumplir con las especificaciones es necesario volver a la planta y proyectar una nueva línea de pendiente o roja.

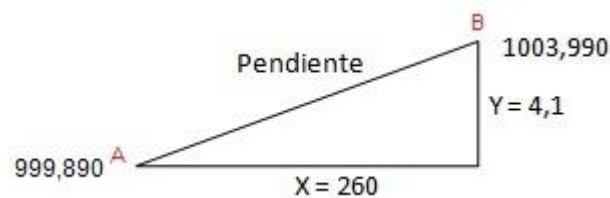
Para hallar la pendiente del proyecto tomamos los valores de las abscisas y cotas negras del inicio y el fin de la línea del proyecto.

Punto A → Abscisa: K7+ 00,00 Cota: 999,890

Punto B → Abscisa: K7+ 260,00 Cota: 1003,990

$$X = (K7 + 260,00) - (K7 + 00,00) = 260 \text{ [m]}$$

$$Y = 1003,990 - 999,890 = 4,1 \text{ [m]}$$



$$Pendiente = \frac{Y}{X} * 100$$

$$Pendiente = \frac{4,1}{260} * 100 = 1,57\% \cong 1,6\%$$

El valor de la pendiente se aproxima a la primera cifra decimal.

Hallada la pendiente válida para el proyecto hallamos la cota roja para cada abscisa. Estas se calculan de acuerdo a la pendiente y a la distancia horizontal.

$$\text{Cota Roja (CR)} = \text{CR inicio del proyecto} + (\text{DH} * \text{Pendiente})$$

Donde:

DH = Es la distancia horizontal medida desde el inicio de la pendiente.

Para la abscisa K7 + 40,00 tenemos que su CN hallada por interpolación fue de 1000,60 y su CR será:

En nuestro ejemplo, la CR del inicio del proyecto será la de la abscisa K7 + 00,00 abscisa donde se inicia la pendiente con valor 1,6 % y es desde esta abscisa donde se inicia la distancia horizontal.

$$\text{Cota Roja (CR)} = 999,890 + (40 * 0,016) = 1000,53$$

Después de tener las cotas negras y rojas, se hallan las cotas de trabajo (CT) que resultan de la diferencia de entre las cotas rojas y negras. Si la diferencia es negativa se debe realizar corte y si es positiva se debe realizar terraplén en el terreno.

$$\text{K7 + 40,00 (CT)} \rightarrow 1000,53 \text{ (CR)} - 1000,60 \text{ (CN)} = -0,07 \text{ [m]}$$

La diferencia nos indica que se debe cortar 0,07 [m] para poder llegar a la eje de la superficie de rodamiento del proyecto.

Realiza el mismo proceso anterior para el resto de las abscisas del proyecto.

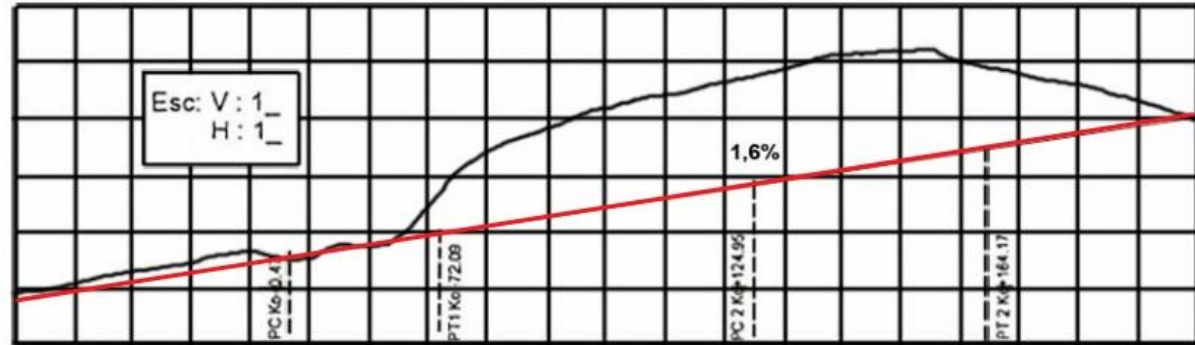
Con todos los datos hallados puede dibujar el perfil del la vía. Recordemos que un perfil longitudinal representa la longitud de la vía y las alturas respectivas de sus puntos (abscisas) principales en un plano, y que la escala vertical es diez (10) veces más grande que su escala horizontal.

Tabla 6. Ejemplo de Cartera. Cotas Negras, Rojas y de Trabajo.

		Pendiente		1,6%	
⊙	ABSCISAS	COTA NEGRA	COTA ROJA	COTA TRABAJO	
				CORTE	TERRAPLEN
PC1	K7 + 0,00	999,890	999,89	-	-
	K7 + 20,00	1000,300	1000,21	0,09	-
	K7 + 40,00	1000,600	1000,53	0,07	-
	K7 + 47,00	1000,450	1000,642	-	0,192
	K7 + 50,00	1000,520	1000,69	-	0,17
	K7 + 55,00	1000,700	1000,77	-	0,07
	K7 + 60,00	1000,720	1000,85	-	0,13
	K7 + 65,00	1000,810	1000,93	-	0,12
PT1	K7 + 70,00	1001,450	1001,01	0,44	-
	K7 + 72,09	1001,750	1001,043	0,707	-
	K7 + 80,00	1002,240	1001,17	1,07	-
PC2	K7 + 100,00	1003,230	1001,49	1,74	-
	K7 + 120,00	1003,580	1001,81	1,77	-
	K7 + 124,95	1003,650	1001,889	1,761	-
	K7 + 130,00	1003,780	1001,97	1,81	-
	K7 + 135,00	1004,100	1002,05	2,05	-
	K7 + 140,00	1004,150	1002,13	2,02	-
	K7 + 145,00	1004,050	1002,21	1,84	-
	K7 + 150,00	1004,080	1002,29	1,79	-
	K7 + 155,00	1004,120	1002,37	1,75	-
	K7 + 160,00	1003,890	1002,45	1,44	-
PT2	K7 + 164,17	1003,800	1002,517	1,283	-
	K7 + 180,00	1003,540	1002,77	0,77	-
	K7 + 200,00	1003,700	1003,09	0,61	-
	K7 + 220,00	1003,5	1003,41	0,09	-
	K7 + 240,00	1003,9	1003,73	0,17	-
	K7 + 260,00	1003,99	1003,99	-	-

Fuente: Autores.

Tabla 7. Ejemplo del Perfil Longitudinal del proyecto vial.



ABSCISA
COTA NEGRA
COTA ROJA
CORTE
TERRAPLEN
PENDIENTE

0.00	0.09	0.07	0.13	1.07	1.74	1.77	1.95	1.44	0.77	0.00
999.59	1000.21	1000.53	1000.85	1001.17	1001.49	1001.81	1002.13	1002.5	1002.77	1003.09
Ko+000	Ko+020	Ko+040	Ko+060	Ko+080	Ko+100	Ko+120	Ko+140	Ko+160	Ko+180	Ko+200
P = 1.6 %										
L = 260 m										

Fuente: Castellanos Rivero (2001).

2.6. LABORATORIO: MATERIALIZACION DE ESTACAS DE CHAFLANES

Uno de los procesos en un proyecto civil consiste en realizar movimientos de tierra que permite adaptar el terreno a las especificaciones que el proyecto demanda. Las secciones del terreno que se crean con las estacas de chaflanes nos proporcionan los datos de excavación y/o terraplén del proyecto.

OBJETIVOS

Realizar y aprender el procedimiento por el cual se determina la ubicación de las estacas de chaflán, estableciendo aplicaciones prácticas de esta actividad en el desarrollo o ejercicio profesional.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Nivel de Mano: Abney.
- Mira.
- Jalones.
- Calculadora.
- Cinta Métrica.
- Porra o Martillo.

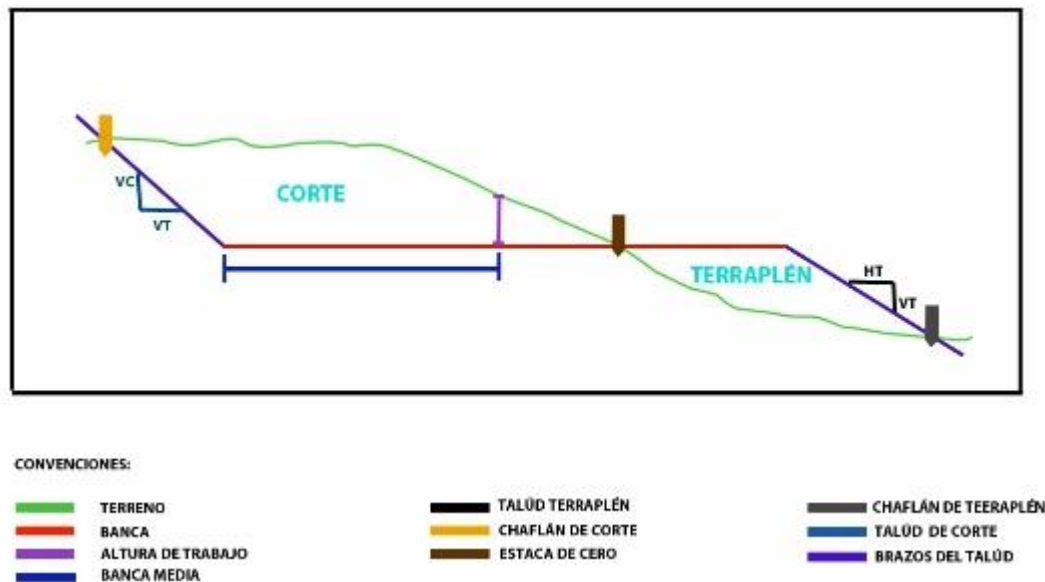
PROCESO DE CAMPO

En este laboratorio la ubicación de estacas de chaflán es por medio de tanteo, pues las medidas que se toman en campo deben coincidir con las que se hallan matemáticamente con la fórmula; este método logra ser dispendioso pues se tiene que “intentar” varias veces hasta dar con los valores correctos por ensayo y error.

Para localizar las estacas de chaflanes es necesario conocer previamente como está conformada la sección transversal y los siguientes datos:

- Diseño de la rasante de la vía, (cotas negras y rojas, altura de trabajo).
- Ancho de la Banca.
- Pendientes de los taludes tanto en corte como en terraplén.
- Valor de sobre anchos, bombeos, bermas, peralte, según necesidades y exigencias de proyecto.

Figura 37. Elementos de la sección transversal.



Fuente: Autores.

Con los datos conocidos calculamos con la siguiente fórmula la distancia a la cual está el chaflán.

$$d_{ch} = \frac{B}{2} + (h * S)$$

$$S = \frac{X}{Y}$$

Donde:

B = Banca o Ancho de la vía.

h = Altura de trabajo del chaflán medido desde la subrasante (izquierda-derecha).

S = Pendiente del Talud

d_{ch} = Distancia del chaflán, medido desde eje.

X = Avance horizontal del talud (corte-terraplén).

Y = Avance vertical del talud (corte-terraplén).

Ejemplo:

Tenemos: Talud de Corte = 1H: 2V ; Talud de Terraplén = 3H: 2V ; Banca = 8 [m] ;

Cota de Trabajo en la abscisa = 1,10 [m].

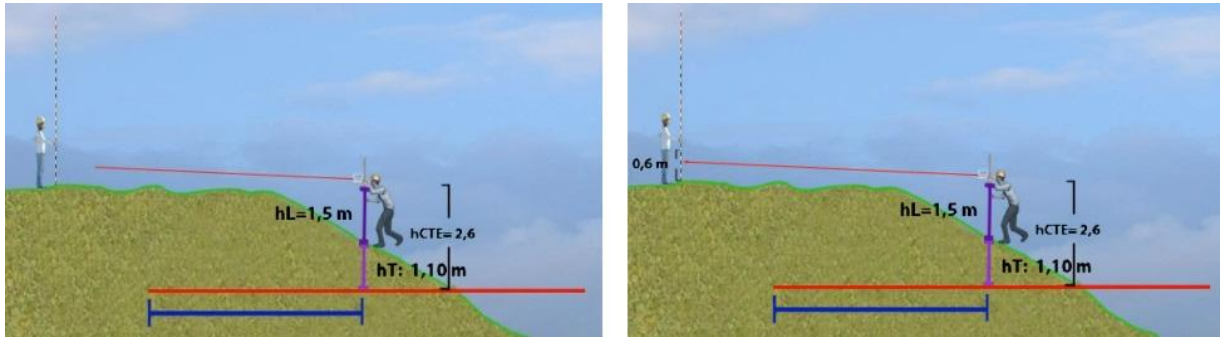
Se define a qué altura constante hacen las lecturas en la mira donde estarán ubicadas las estacas de chaflán, para este ejemplo será de 1,50 [m].

La altura total de lectura será la suma de la cota de trabajo más la altura constante definida.

$$h_{\text{Total}} = 1,50 + 1,10 = 2,6 \text{ [m]}$$

Hacemos la lectura con el nivel de mano Abney (teniendo en cuenta que su pendiente y grados están en ceros), desde el eje a la mira y la lectura será de 0,6 [m].

Figura 38. Lectura con el nivel de mano Abney a la mira. (Chaflán de Corte).

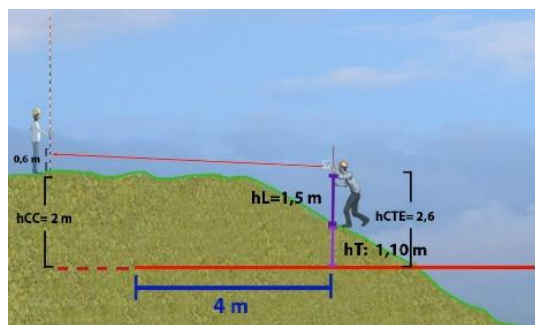


Fuente: Autores.

Si la altura leída es de 0,6 [m] y la altura total es de 2,6 [m], la altura donde estará la estaca de chaflán será la diferencia de estas.

$$h_{\text{Chaflán}} = 2,6 - 0,6 = 2 \text{ [m]}$$

Figura 39. Diferencia de alturas (Chaflán de Corte).



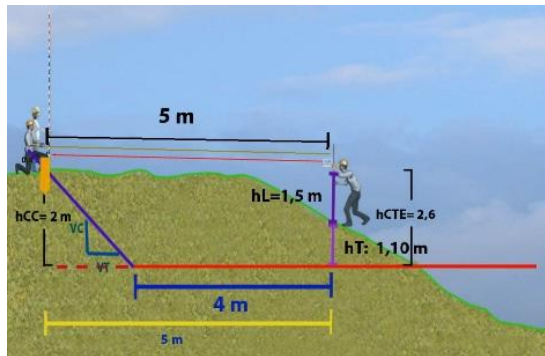
Fuente: Autores.

Para hallar la distancia del chaflán utilizamos la formula anteriormente mencionada. Como la lectura tomada (0,6 [m]) es menor a la altura total (2,6 [m]) la sección será de corte, pues esto es para saber qué valor de talud se utiliza en la fórmula.

$$d_{ch} = \frac{B}{2} + \left(h * \frac{X}{Y} \right) = \frac{8}{2} + \left(2 * \frac{1}{2} \right) = 5 \text{ [m]}$$

Si al hacer la medición en el terreno desde el eje hasta donde realizo la lectura, la distancia coincide con la hallada por la fórmula; esta posición (donde está la mira) será la estaca de chaflán (corte).

Figura 40. Ubicación del Chaflán de corte.



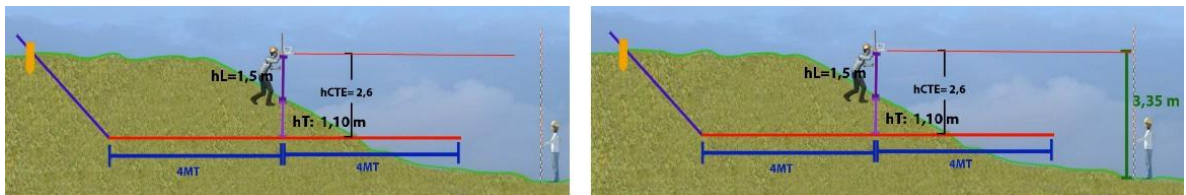
Fuente: Autores.

Si las distancias no coinciden hace otra lectura en otro punto y repite el proceso hasta que coincidan; por esta razón se dice que es un método de ensayo y error.

Como el mismo procedimiento que hallo la estaca de chaflán de corte, hallo la estaca de chaflán de terraplén.

Hacemos la lectura con el nivel de mano Abney (teniendo en cuenta que su pendiente y grados están en ceros), desde el eje a la mira y la lectura será de 3,5 [m].

Figura 41. Lectura con el nivel de mano Abney a la mira. (Chaflán de Terraplén).

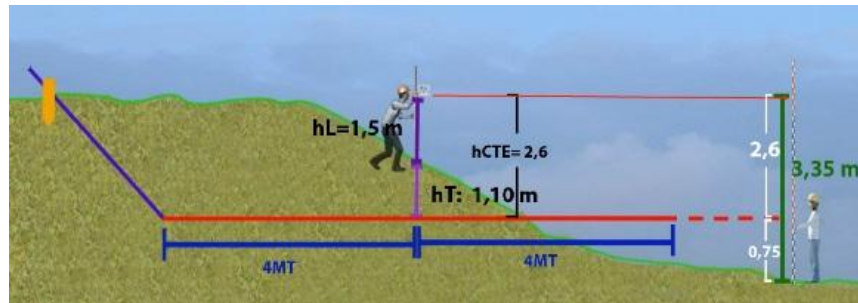


Fuente: Autores.

Si la altura leída es de 3,5 [m] y la altura total es de 2,6 [m], la altura donde estará la estaca de chaflán será la diferencia de éstas.

$$h_{\text{Chaflán}} = 3,5 - 2,6 = 0,75 \text{ [m]}$$

Figura 42. Diferencia de alturas (Chaflán de Terraplén).



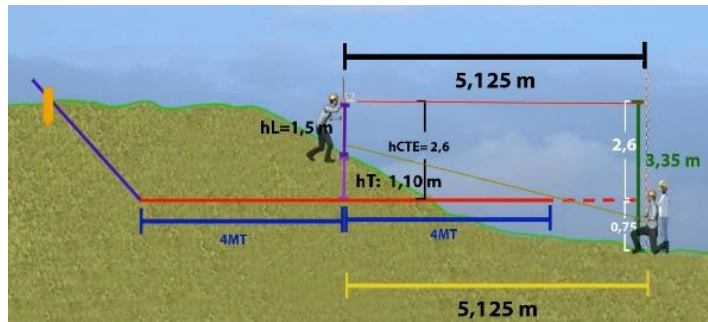
Fuente: Autores.

Para hallar la distancia del chaflán utilizamos la fórmula anteriormente mencionada. Como la lectura tomada (3,5 [m]) es mayor a la altura total (2,6 [m]) la sección será de terraplén, para saber qué valor de talud se utiliza en la fórmula.

$$d_{ch} = \frac{B}{2} + \left(h * \frac{X}{Y} \right) \rightarrow \frac{8}{2} + \left(0,75 * \frac{3}{2} \right) = 5,125 \text{ [m]}$$

Si al hacer la medición en el terreno desde el eje hasta donde realizo la lectura, la distancia coincide con la hallada por la fórmula, esta posición (donde está la mira) será la estaca de chaflán (terraplén).

Figura 43. Ubicación del Chaflán de Terraplén.

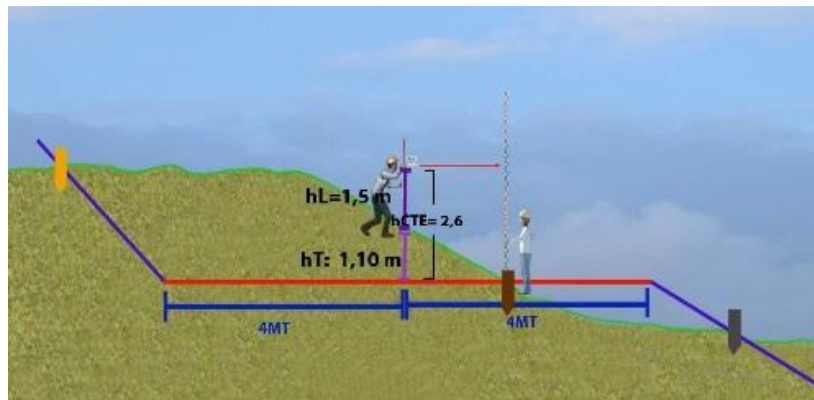


Fuente: Autores.

Si las distancias no coinciden hace otra lectura en otro punto y repite el proceso hasta que coincidan, por esta razón se dice que es un método de ensayo y error.

Ubica la estaca de cero (en este ejemplo no se tiene en cuenta: pendiente de bombeo, bermas y sobre ancho), y será cuando la lectura de la mira sea igual a la altura total (cota de trabajo más la altura constante definida).

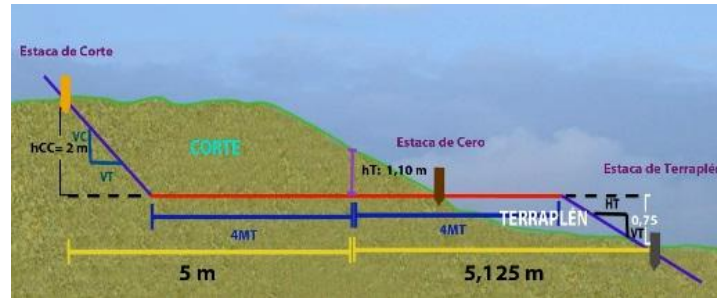
Figura 44. Ubicación del Chaflán de Cero.



Fuente: Autores.

Ubicadas las estacas, queda la sección transversal del ejemplo así:

Figura 45. Ubicación de las estacas de chaflán. (Corte, Terraplén, Cero).



Fuente: Autores.

Y así, este proceso se realiza igual para todo el resto de abscisas y sus secciones.

El ejemplo anterior corresponde al PC que está en la abscisa K7 + 968,75 de la tabla 8.

Tabla 8. Ejemplo de Cartera de Campo: Levantamiento Estacas de Chaflanes.

	K8 +	40,00	1362,06	1359,80	TERRAPLÉN 1.5H:1V	<u>0,60</u>	<u>0,00</u>	-2,26	-3,80
						4,90	2,30		5,90
	K8 +	30,00	1360,30	1359,10		<u>1,20</u>	<u>0,00</u>	-1,20	-2,30
						5,80	1,10		5,15
	K8 +	24,30	1358,70	1358,70		<u>2,08</u>		0,00	-1,14
						7,12			4,57
	K8 +	20,00	1356,84	1358,40		<u>3,10</u>		1,56	<u>0,00</u>
						8,65			1,40
	K8 +	15,50							<u>0,00</u>
									3,00
PT	K8 +	12,10	1356,12	1357,93	<u>4,04</u>		1,81	<u>0,40</u>	
					10,06			4,60	
	K8 +	10,00	1356,07	1357,80	<u>3,40</u>		1,73	<u>0,90</u>	
					9,10			5,35	
	K8 +	0,00	1356,36	1357,20	<u>1,60</u>		0,84	<u>0,60</u>	
					6,40			4,90	
	K7 +	994,80						<u>0,00</u>	
								4,00	
	K7 +	989,20	1356,65	1356,65	<u>1,10</u>		0,00	-0,82	
					5,65			4,41	
	K7 +	980,00	1356,68	1356,00	<u>0,70</u>	<u>0,00</u>	-0,68	-1,70	
					5,05	1,70		4,85	
PC	K7 +	968,75	1356,31	1355,21	<u>-2,00</u>	<u>0,00</u>	-1,10	<u>0,75</u>	
					5,00	2,10		5,13	
	K7 +	964,00				<u>0,00</u>			
						3,00			
	K7 +	960,00	1356,22	1354,60	<u>-0,60</u>		-1,62	-3,20	
					4,30			5,60	
	K7 +	950,00	1356,16	1353,90	<u>-1,78</u>		-2,26	-3,90	
					4,89			5,95	
	K7 +	940,00	1356,18	1353,20	<u>-2,16</u>		-2,98	-4,86	
					5,08			6,43	
o	ABSCISAS	COTAS NEGRAS	COTAS ROJAS	TALUDES	IZQUIERDA	EJE	DERECHA		
SECCIONES									

Fuente: Autores.

2.7. LABORATORIO: SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

El sistema de Posicionamiento Global (GPS) es una tecnología que le permite al usuario obtener su posición las 24 horas del día en cualquier punto de la Tierra. Originalmente desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, su uso se ha extendido al ámbito civil.

El rango de precisión de una posición va de los 10 metros a unos 5 centímetros, dependiendo del equipamiento y las técnicas utilizadas.

El receptor GPS calcula su posición efectuando mediciones de distancia de cuatro o más satélites. La distancia individual a un satélite es determinada en función del tiempo que tarda en viajar la señal desde el satélite al receptor y su velocidad de propagación. La posición del satélite es conocida para el receptor. Luego, mediante triangulaciones, se determinan las coordenadas del punto relevado.

La medición con GPS tiene algunas ventajas sobre otras técnicas tradicionales:

- No tiene requerimientos de visual entre la estación base y el receptor itinerante. Permite realizar mediciones dinámicas (por ejemplo con un vehículo en movimiento).
- Cada punto relevado es una medición independiente, por lo tanto no existe arrastre de errores.
- El GPS puede utilizarse bajo cualquier condición climática.
- Es la forma más veloz, económica, eficiente y precisa que existe de medir.

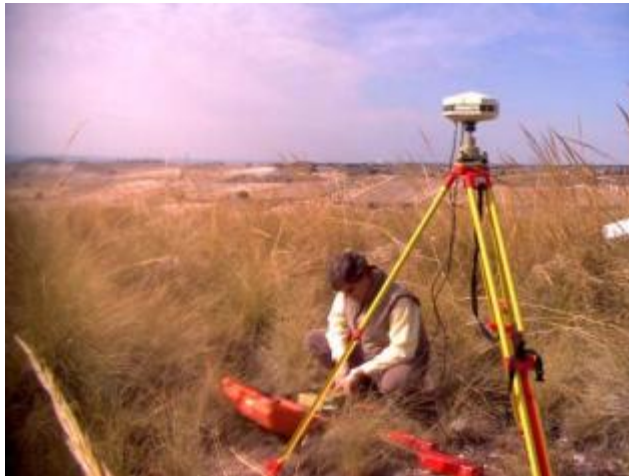
OBJETIVO

En este Laboratorio se instruirá especialmente en la obtención de las coordenadas del terreno deseado mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

MATERIALES:

- Estación Base receptora: antena fija, receptor, software.

Figura 46. Estación Base Receptora.



Fuente: Pachas L (2009)

- Estación Receptora móvil: antena, receptor, software.

Figura 47. Estación Receptora Móvil.

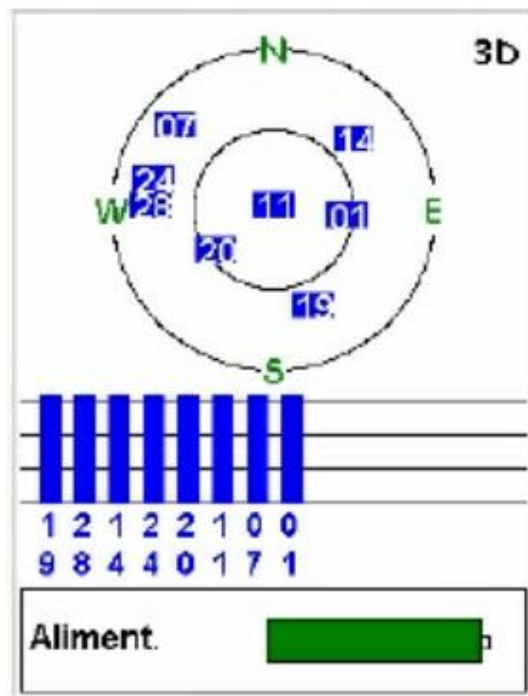


Fuente: Pachas L (2009)

PROCESO DE CAMPO:

- Planificación del trabajo y Reconocimiento del terreno: Comprobar los satélites visibles y la calidad de los mismos, así como su posición en el espacio. Además, realizamos los ajustes necesarios para la manipulación de nuestro equipo (nombre del fichero de trabajo, atributos, tipo de valores, tipo de coordenadas, unidades, especificación del modo de medición ya sea estático o dinámico, entre otros ajustes).

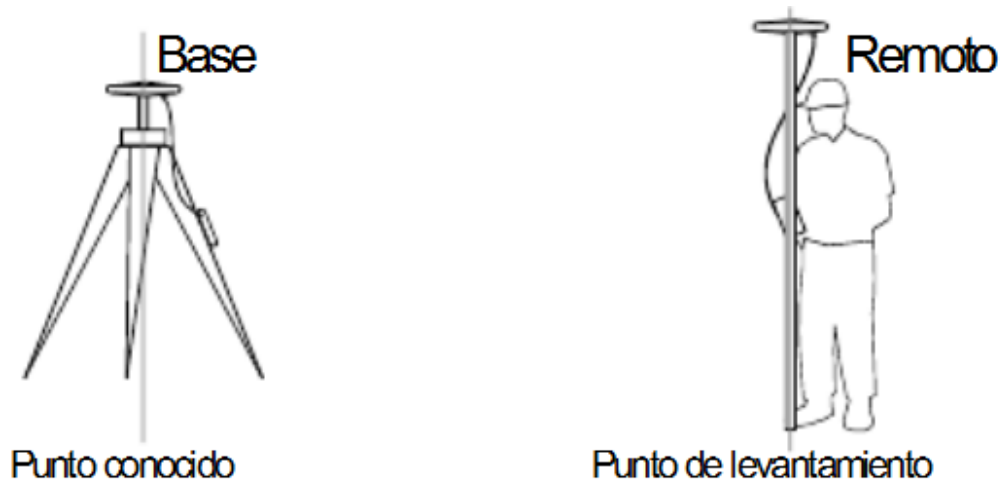
Figura 48. Pantalla Estado de Satélites.



FUENTE: Magellan Navigation (2007)

- Programamos el Receptor Base para que empiece a tomar los datos, creando el fichero para la corrección diferencial posterior. Igualmente, preparamos el receptor móvil para comenzar a tomar los datos, poniendo el receptor en modo grabación para que comience a almacenar los datos.

Figura 49. Equipo empleado. Organización en el Campo.



FUENTE: Magellan Navigation (2007)

- Con el Receptor Móvil en modo dinámico, recorremos la alineación a levantar. Si queremos capturar un punto fijo (faroles, árboles, detalles, etc) colocamos el receptor móvil en modo estático.

Figura 50. Pantalla Levantamiento Estático.

Levantamiento estático	
ID Sitio	Nombre de archi
0125	R4469D05.294
Rango obs.	Transcur.
0.0 ^N / _M	00:00:15
# Sats	PDOP
8	2.2
Aliment.	Memoria libre
	Tarjeta SD
Listo	

FUENTE: Magellan Navigation (2007)

- Al finalizar el levantamiento, pasamos a modo de no grabación en ambos receptores y apagamos el Receptor móvil.

TRABAJO EN OFICINA:

En esta última parte, se realizará la corrección diferencial de los datos obtenidos por el receptor móvil, a través del fichero obtenido por el receptor base.

Previamente se configurarán los puertos de salida del Móvil y de entrada de la Base para realizar la transmisión del fichero.

Una vez obtenido el fichero corregido diferencialmente, se exportará a formato .DXF desde un computador para ser abierto directamente por un programa CAD, el cual será un fichero con coordenadas UTM.

3. CONCLUSIONES

El aporte de este proyecto es brindar un manual soportado en videos animados para el conocimiento y refuerzo de los temas que se maneja en los laboratorios de la asignatura de Topografía incluida en el plan de estudios del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander tales como Base Medida, Nivelación, etc.

Se crean bases sobre los conceptos de elaboración de carteras de campo, facilitando así el conocimiento de la asignatura y haciendo el material de topografía más entendible para quienes inician el proceso de aprendizaje.

Para la creación de este manual tomamos varias bibliográficas formando un material completo y funcional para que su consulta sea clara y sencilla.

Es importante indicar que la mayoría de los errores que se comenten en los laboratorios de la asignatura, se deben a la falta de conocimiento en la utilización de los equipos y materiales, por errores de distracción o sólo porque no se conoce el proceso.

Finalmente, reconocer y resaltar la importancia de la topografía en la Ingeniería Civil pues ayuda con éxito a grandes proyectos y obras civiles.

GLOSARIO

ALTIMETRÍA: Es la rama de la topografía que se ocupa de estudiar el conjunto de procedimientos y métodos que existen para poder determinar y representar la altura o cota de cada punto respecto de un plano de referencia.

ALTURA INSTRUMENTAL (hi): Distancia vertical que separa el eje óptico del taquímetro de la estación sobre la cual está ubicado.

ÁNGULO: Un ángulo es la parte del plano comprendida entre dos semirrectas que tienen el mismo punto de origen o vértice. Suelen medirse en unidades tales como radián, grado sexagesimal o grado centesimal.

ANGULO DE DEFLEXIÓN (Δ): Es el ángulo horizontal medido a partir de la prolongación del alineamiento anterior a la derecha o a la izquierda, hasta el siguiente alineamiento.

AZIMUT: Es el ángulo medido desde el norte del meridiano de referencia hasta la línea en cuestión. La magnitud de un azimut varía entre 0° y 360° .

BANCA: Es el ancho libre de la vía.

BANCO DE NIVEL (BN): Punto de cota conocida que puede ser verdadera o arbitraria. Consiste en un mojón de concreto con una placa de bronce en el centro de la parte superior para su identificación. Cuando no existe un BN cerca de la zona de trabajo se debe tomar como BN algo sólido y estable, como, la esquina de un andén, una base de concreto, etc. Si la obra o el levantamiento lo exigen, se

debe traer la cota verdadera desde un BN lejano. No se recomienda tomar una estaca de madera.

CADENEROS: Auxiliares en los trabajos de topografía.

CINTA MÉTRICA: Es un instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada y se puede enrollar, haciendo que su transporte sea más fácil. Se utiliza para la medida directa de distancias, útil para distancias cortas y en terrenos llanos.

CORTE: Cantidad de tierra que se excava para nivelar y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra.

COTA: Se llama cota al número que en los mapas cumple la función de indicar la altura de un punto sobre el nivel del mar o sobre otro plano de referencia.

COTA DE TRABAJO (CT): Es la diferencia entre las cotas rojas y negras, si su diferencia es negativa se realiza corte y si es positiva se realiza terraplen.

COTA NEGRA (CN): Es la altura del terreno natural.

COTA ROJA (CR): Es la altura o nivel de la sub-rasante del proyecto.

CUBICACIÓN: Es el método que determina el volumen del movimiento de tierra de un proyecto.

CUERDA (C): Una línea recta que conecta dos puntos en una curva.

CUERDA LARGA (C_L): Línea recta que une al punto de tangencia donde comienza la curva (PC) y al punto de tangencia donde termina (PT).

$$C_L = 2 * R * \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

CURVA DE NIVEL: Se denominan curvas de nivel a las líneas que marcadas sobre el terreno desarrollan una trayectoria que es horizontal. Por lo tanto podemos definir que una línea de nivel representa la intersección de una superficie de nivel con el terreno. En un plano las curvas de nivel se dibujan para representar intervalos de altura que son equidistantes sobre un plano de referencia. Las curvas de nivel nunca se interceptan entre sí.

DEFLEXIÓN (d): La deflexión se forma entre cualquier línea tangente a la curva y la cuerda que va desde el punto de tangencia y cualquier otro punto sobre la curva.

$$\text{Deflexión por Cuerda} \rightarrow d_c = \frac{G}{2}$$

$$\text{Deflexión por metro lineal} \rightarrow d_m = \frac{G}{2 * C}$$

DIFERENCIA DE NIVEL (DN): Es la diferencia de altura entre dos puntos del terreno. Es la diferencia entre la altura instrumental y la lectura de la mira.

DISTANCIA: Es la separación que existe entre dos puntos sobre la superficie terrestre la cual se entiende como distancia horizontal aunque frecuentemente se miden inclinadas y se reducen a su equivalencia en su proyección horizontal.

ELEVACIÓN: Distancia vertical de un punto particular por encima o por debajo de un nivel de referencia.

ERROR: Diferencia existente entre una cantidad medida y su valor real, causada por la imperfección de los sentidos del topógrafo, imperfección del equipo o efectos climatológicos.

ESTACA: Objeto largo y afilado de forma rectangular, generalmente de madera que se clava en el suelo. Nos sirve como demarcador de puntos en una sección de terreno.

ESTACAS DE CEROS: Son las estacas donde se encuentran los puntos donde la cota roja es igual a la cota negra.

ESTACAS DE CHAFLÁN: Estas marcan los puntos a partir de los cuales se deben iniciar las operaciones de movimiento de tierra, ya sean cortes o terraplén en un proyecto. Un punto de chaflán representa la intersección del terreno natural con la superficie de un talud diseñado para una obra civil.

ESTACIÓN: Punto del terreno sobre el cual se ubica el instrumento para realizar las mediciones y a la cual éstas están referidas.

EXACTITUD: Grado de refinamiento con el que se realiza una medición. Es la cercanía de una medición con otra de la misma cantidad.

EXTERNA (E): Distancia desde el PI al punto medio de la curva sobre el arco.

$$E = T * \tan\left(\frac{\Delta}{4}\right)$$

GPS, Sistema de posicionamiento global (Global Positioning System): Los hay de dos tipos: los navegadores: 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 menor a 15 metros. Además de proporcionar nuestra posición en el plano horizontal pueden indicar la elevación por medio de la misma señal de los satélites; algunos modelos tienen también barómetro para determinar la altura con la presión

atmosférica. Los modelos que no poseen brújula electrónica, pueden determinar la "dirección de movimiento" (rumbo), es decir es necesario estar en movimiento para que indique correctamente para donde está el norte. Y los topográficos: estos equipos tienen precisión desde milímetros hasta el medio metro. 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 Agustín Codazzi, de lo contrario se dice que se está trabajando en modo diferencial. La forma de trabajar con estos equipos es trasladar los equipos a campo, se hacen las lecturas, pero es sólo hasta que se regresa a gabinete que se obtienen las mediciones, 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. El GPS tiene la gran limitante de trabajar sólo en espacios con vista al cielo, siendo un poco problemático incluso cuando la vegetación es alta y densa, pero por ejemplo en 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.

GRADO DE LA CURVA (G): Corresponde al ángulo central subtendido por un arco o una cuerda unidad de determinada longitud.

$$G = 2 * \sin^{-1} \left(\frac{C}{2 * R} \right)$$

INTERPOLACIÓN MATEMÁTICA: Método matemático que consiste en hallar un dato dentro de un intervalo en el que se conocen sus valores extremos.

JALON: Es una vara de acero o fibra de vidrio, en tramos de 1,50 m. ó 1,00 m. de largo, enchufables mediante los regatones o roscables entre sí para conformar un jalón de mayor altura y permitir una mejor visibilidad en zonas boscosas o con fuertes desniveles. Se encuentran pintados con franjas alternadas generalmente de color rojo y blanco de 25 cm o 10 cm de longitud. Los colores obedecen a una mejor visualización en el terreno y el ancho de las franjas se usaba para medir en forma aproximada. Se utilizan para visualizar puntos en el terreno y hacer bien las punterías, marcar puntos fijos, trazar alineaciones, determinar las bases y para marcar puntos particulares sobre el terreno.

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: Conjunto de operaciones que se necesita realizar para poder confeccionar una correcta representación gráfica de una extensión, sin dejar de considerar las diferencias de cotas o desniveles que presente dicha extensión. Es esencial para empezar correctamente cualquier proyecto que se desee llevar a cabo. Para realizar un levantamiento topográfico se cuenta con varios instrumentos como nivel de precisión, teodolito, mira, etc.

LONGITUD DE LA CURVA (L): Distancia desde el PC hasta el PT recorriendo el arco de la curva, o bien, una poligonal abierta formada por una sucesión de cuerdas de una longitud relativamente corta.

$$L = \frac{C * \Delta}{G}$$

MARTILLO: Herramienta utilizada para golpear e incrustar las estacas en el terreno.

MERIDIANO: Línea imaginaria o verdadera que se elige para referenciar las mediciones que se harán en terreno y los cálculos posteriores. Éste puede ser supuesto si se elige arbitrariamente, verdadero si coincide con la orientación

norte-sur geográfica de la Tierra, o magnético si es paralelo a una aguja magnética libremente suspendida.

MIRA: Barra o regla graduada que se emplea para medir la distancia vertical entre un punto que se quiere nivelar situado sobre el terreno y la línea de mira de un nivel. Se describe como una regla, graduada en centímetros y que se pliega para mayor comodidad en el transporte. Además de esto, la mira consta de un nivel que se usa para asegurar la verticalidad de ésta en los puntos del terreno donde se desea efectuar mediciones; en algunas miras consta de dos manillas generalmente metálicas que son para sostenerla.

NIVEL DE MANO ABNEY: Este consta de un nivel de doble curvatura sujeto a un nonio, el cual puede girar alrededor del centro de un semicírculo graduado fijo al ocular. Se caracteriza por su manejo sencillo y la rapidez con que se pueden determinar desniveles, medir ángulos verticales y pendientes, calcular alturas y lanzar visuales con una pendiente dada.

NIVEL DE MANO LOCKE: Es un pequeño nivel sujeto a un ocular de unos 12 cm de longitud que ayuda a medir desniveles.

NIVEL DE PRECISION: También llamado nivel topográfico, nivel óptico o equialtímetro 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. El nivel óptico consta de un anteojo similar al del teodolito con un retículo estadimétrico, para apuntar y un nivel de burbuja muy sensible (o un compensador de gravedad o magnético en el caso de los niveles automáticos), que permite mantener la horizontalidad del eje óptico del anteojo; ambos están unidos solidariamente de manera que cuando el nivel está desnivelado, el eje del anteojo no mantiene una perfecta horizontalidad, pero al nivelar el nivel también se horizontaliza el eje óptico.

NIVELACIÓN: Es la determinación de elevaciones con un instrumento topográfico.

ORDENADA MEDIA (M): Distancia desde el punto medio de la curva hasta el punto medio de la cuerda larga.

$$M = R * \left[1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right]$$

PENDIENTE: La pendiente es la inclinación de un elemento (natural, ideal o constructivo) respecto de la horizontal. La pendiente de una recta es el grado de inclinación. Puede ser positiva o creciente (directamente proporcionales los valores de X y Y), negativa y decreciente (inversamente proporcionales los valores de X y Y), o nula si es una recta constante.

PERFIL LONGITUDINAL: Representación gráfica de la longitud de la vía y las alturas respectivas de sus puntos (abscisas). La escala vertical es diez veces más grande que la escala horizontal.

PLANIMETRÍA: Representación horizontal de los datos de un terreno que tiene por objeto determinar las dimensiones de éste. Se estudian los procedimientos para fijar las posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones.

PLOMADA: Es una pesa normalmente de metal de forma cilíndrica o prismática, con la parte inferior de forma cónica, que mediante la cuerda de la que pende marca una línea vertical; de hecho la vertical se define por este instrumento.

POLIGONAL: Línea que liga las distintas estaciones desde donde se harán y a las cuales estarán referidas las mediciones para los puntos de un levantamiento.

PORRA: Herramienta utilizada para golpear e incrustar las estacas en el terreno.

PRINCIPIO DE CURVA (PC): Es el punto donde comienza la curva.

PRINCIPIO TANGENTE (PT): Es el punto donde termina la curva.

PUNTO DE CAMBIO: Son puntos que ligan las nivelaciones simples en una nivelación compuesta, tiene una $V_{(+)}$ y una $V_{(-)}$.

PUNTO DE INTERSECCIÓN (PI): Es el punto donde se encuentran dos alineamientos rectos.

RADIACION: Método Topográfico que permite determinar coordenadas (X, Y, Z) desde un punto.

RADIO (R): Es la distancia de la circunferencia que describe el arco de la curva.

RUMBO: El rumbo de una línea se define como el ángulo horizontal comprendido entre un meridiano de referencia y la línea. Su valor no puede exceder de 90° . De esta manera los rumbos se miden en relación con los extremos norte o sur del meridiano y se colocan en uno de los cuadrantes, por lo que tienen valores con direcciones como NE, NW, SE o SW.

SECCIÓN TRANSVERSAL: Es una proyección perpendicular al eje, canal, presa u otro proyecto de construcción propuesto. Se grafican las secciones del terreno natural en cada estación y se les sobrepone un perfil de la carretera propuesta, con la elevación del eje de la carretera obtenida a partir de la línea de rasante longitudinal.

TALUD: Inclinación de un terreno o del paramento de un muro.

TANGENTE (T): Distancia desde el punto de intersección (PI) hasta de los puntos de tangencia de la curva (PC o PT).

$$T = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

TAQUIMETRÍA: Es un sistema de levantamiento que consta en determinar la posición de los puntos del terreno por radiación, refiriéndolo a un punto especial (estación) a través de la medición de sus coordenadas y su desnivel con respecto a la estación. Este punto especial es el que queda determinado por la intersección del eje vertical y el horizontal de un taquímetro centrado sobre un punto fijado en terreno.

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. 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.

TERRAPLEN: Cantidad de tierra con que se compacta un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra.

TOPOGRAFÍA: La topografía es la disciplina y técnica que se especializa en la descripción detallada de la superficie de un terreno. Estudia el conjunto de principios y procedimientos que permiten la representación gráfica de las formas y

detalles de la superficie, ya sean naturales o artificiales. Define también las líneas y niveles que se necesitan para la construcción de edificios, caminos, presas y otras estructuras. Además de estas mediciones en campo, la topografía incluye el cálculo de áreas, volúmenes y otras cuantificaciones, así como la elaboración de diagramas y planos necesarios.

TRÍPODE: Es un instrumento que tiene la particularidad de soportar un equipo de medición como un taquímetro o nivel; su manejo es sencillo pues consta de tres patas que pueden ser de madera o de aluminio, que son regulables para así poder tener un mejor manejo para subir o bajar las patas que se encuentran fijas en el terreno. El plato consta de un tornillo el cual fija el equipo que se va a utilizar para hacer las mediciones.

VISTA ADELANTE ($V_{(-)}$): También vista menos, es la última lectura que se hace en la mira antes de levantar o cambiar de posición el nivel; puede estar sobre un BN o un punto de cambio.

VISTA ATRÁS ($V_{(+)}$): También vista más, es la primera lectura en la mira al armar el nivel, la mira puede estar sobre un BN o un punto de cambio.

VISTA INTERMEDIA ($V_{(-)}$): Son las vistas que se encuentran entre dos puntos de cambio, la mira se coloca sobre los puntos o abscisas que se van a nivelar.

BIBLIOGRAFIA

CALVO BAGUENA, Víctor; LOPEZ ALBINANA, Ricardo; TAMARIT, Ricardo Andrés. Topografía para agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. 1997.

CASTELLANOS NIÑO, Víctor Manuel. Levantamientos de Control, Explanaciones, Túneles y otras aplicaciones. 1994.

CASTELLANOS R, Jorge Álvaro. Topografía. INSED. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2002.

GARCÍA TEJERO, Francisco Domínguez. Topografía General y Aplicada. XIII Edición, EDICIONES MUNDI – PRENSA. Madrid. 1997.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Colombianas para la Presentación de Tesis de Grado, NTC 1486 6ª actualización.

MCCORMAC, Jack. Topografía. LIMUSA WILEY. México. 2005.

TORRES NIETO, Álvaro; VILLATE BONILLA, Eduardo. Topografía. Segunda Edición, NORMA. Cali. 1968.

WOLF, Paul; BRINKER, Russell. Topografía. Novena Edición, ALFAOMEGA. México. 2008.

Páginas web consultadas:

<http://cursotopografia.blogspot.com/>

<http://erods.files.wordpress.com/2011/03/modulo-iii-planimetria-con-cinta1.pdf>

<http://www.buenastareas.com/ensayos/Sistema-Gps-y-Su-Relacion-Con/2515076.html>

<http://www.slideshare.net/slgonzaga/clase-de-topografia>

<http://www.unirioja.es/servicios/sp/catalogo/online/topografia.pdf>

ANEXOS

Anexo A. Modelo de Cartera de Campo. Práctica: de Base Medida o Doble Radiación.

Δ	\odot	AZIMUT	< Horizontal	Distancia	Observaciones	CROQUIS

Fuente: Elaboración Autores.

**Anexo C. Modelo de Cartera de Campo. Práctica de Altimetría:
Nivelación y Contranivelación.**

ABCISA	V(+) Atrás	V(-) Intermedia	V(-) Adelante	hi	Cota
CONTRANIVELACION					

Fuente: Elaboración Autores.

**Anexo D. Modelo de Cartera de Campo. Práctica de Altimetría:
Secciones Transversales.**

<u>Diferencia de Nivel</u> Distancia tomada desde el eje		<u>Cota Corregida</u> Abscisa	<u>Diferencia de Nivel</u> Distancia tomada desde el eje	
IZQUIERDA		EJE	DERECHA	

Fuente: Elaboración Autores.

