

Guía Práctica de Topografía en Edificación

Cuaderno de prácticas de laboratorio

Colección manuales uex - 104



Aurora
Cuartero Sáez

104

ÍNDICE

PORTADA

ÍNDICE

GUÍA DE PRÁCTICAS DE TOPOGRAFÍA EN EDIFICACIÓN

[PORTADA](#)

[ÍNDICE](#)

MANUALES UEX

104

PORTADA

ÍNDICE

AURORA CUARTERO SÁEZ

**GUÍA DE PRÁCTICAS DE TOPOGRAFÍA
EN EDIFICACIÓN**

Cuaderno de prácticas de laboratorio



2017

PORTADA

ÍNDICE

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

© Aurora Cuartero Sáez, para esta edición.

© Universidad de Extremadura, para esta edición.



Edita:

Universidad de Extremadura. Servicio de Publicaciones
C/ Caldereros, 2 - Planta 2ª. 10071 Cáceres (España)
Tel. 927 257 041 ; Fax 927 257 046
E-mail: publicac@unex.es
<http://www.unex.es/publicaciones>

ISSN 1135-870-X

ISBN de méritos 978-84-9127-003-4

Impreso en España - Printed in Spain

Maquetación, fotomecánica e impresión: Dosgraphic, s.l. - 914 786 125

PORTADA

ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE

PRÓLOGO	11
INTRODUCCIÓN	13
LABORATORIO 1. DATOS CARTOGRÁFICOS	15
Instituto Geográfico Nacional	15
Mapa Topográfico Nacional, MTN (MTN25 Y MTN50)	16
Visor IBERPIX del IGN	17
Otros visores cartográficos	18
Ejercicios	19
LABORATORIO 2. DATOS GEODÉSICOS	21
Tipos de señales geodésicas y topográficas	21
Redes Geodésicas en España	26
Ejercicio	29
LABORATORIO 3. ESTACIÓN TOTAL (ET)	31
Introducción	31
Instrumentos topográficos	32
Pasos para estacionar una ET	37
Toma de datos con una ET	38
Ejercicio	39
LABORATORIO 4. RADIACIÓN Y VUELTA DE HORIZONTE	41
Introducción	41
Radiación	43
Toma de datos con “vuelta de horizonte”	45
Error máximo de radiación en un punto	46
Ejercicio	48
LABORATORIO 5. COMPROBACIÓN DE UN NIVEL TOPOGRÁFICO	49
Introducción	49

ÍNDICE

Nivel topográfico o equialtímetro	50
Mira estadimétrica	51
Comprobación de un nivel topográfico	53
Ejercicio	56
LABORATORIO 6. REPLANTEO DE UNA ZAPATA	57
Concepto de replanteo	57
Cálculos previos al replanteo	58
Replanteo planimétrico	59
Replanteo altimétrico	60
Ejercicio	61
LABORATORIO 7. POLIGONAL O ITINERARIO	63
Concepto de poligonal topográfica	63
Cálculo planimétrico	66
Cálculo altimétrico	68
Ejercicio	72
LABORATORIO 8. INTERSECCIONES	75
Concepto de intersección	75
Cálculo planimétrico	79
Cálculo altimétrico	79
Error máximo	79
Ejercicio	80
LABORATORIO 9. NIVELACIÓN GEOMÉTRICA COMPUESTA	81
Concepto de nivelación geométrica compuesta	81
Error máximo de una nivelación geométrica compuesta	82
Ejercicio	84
LABORATORIO 10. LEVANTAMIENTO DE UNA FACHADA	87
Concepto de levantamiento	87
Ejercicio	89

Í N D I C E

ANEXO 1. TABLAS PARA LA TOMA Y CÁLCULO DE DATOS	93
ANEXO 2. EJEMPLOS DE SALIDAS GRÁFICAS	103
ANEXO 3. RESEÑAS DE PLACAS TOPOGRÁFICAS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DE CÁCERES	107

PRÓLOGO

La importancia de la topografía en la toma de medidas y comprobar su precisión es algo que para muchos puede resultar evidente, pero que afecta a ingenierías que están directamente relacionadas con la Escuela Politécnica de la Universidad de Extremadura, como son Edificación e Ingeniería Civil. Para ello es muy necesario tener presente aspectos como instrumentos, métodos, medición de incertidumbres, repetitividad, comprobación de resultados, etc.

Esta guía desarrollada por una de las profesoras de nuestro centro es un claro ejemplo de aplicación de conocimientos y experiencias de un profesor universitario a las aulas y que puede ser ilustrativo para nuestros estudiantes. Dicha profesora antes de ser docente, ejerció como profesional, ingeniera técnica en Topografía, durante 4 años en la empresa Cubiertas y MZOV en carretera (Variante de Plasencia), puentes (el Jerte y San Lázaro, en Plasencia) y túneles (de Miravete).

La combinación entre un profesional y un docente formado y experimentado son elementos muy necesarios en la enseñanza universitaria, y que, desde mi experiencia, se encuentra muy valorado por los estudiantes, más en Ingenierías.

Otro aspecto relevante desde mi punto de vista de esta guía es la colocación de 5 placas topográficas en nuestro centro tal y como se muestra en la documentación, fijadas en distintas localizaciones a lo largo de todo el centro, el cual es amplio y está formado por 7 pabellones: el edificio de servicios comunes, Ingeniería Civil, Edificación, Ingeniería Informática, Ingeniería de Telecomunicaciones, cámaras acústicas y el pabellón de investigación.

Por otra parte, no quiero dejar de reflexionar sobre el hecho de que tenemos que conseguir plasmar nuestro conocimiento por escrito a modo de experiencias, la mayoría de las veces cogemos la información de distintas fuentes, y el día a día, más el trajín continuo, no nos da tiempo para conseguir mostrar lo que nosotros mismos sacamos fruto de nuestro trabajo. Lo bueno de esta guía de prácticas es que introduce de forma original y rápida a la

topografía tras la experiencia docente de esta materia en el Grado de Edificación. La autora es profesora del Departamento de Expresión Gráfica de la Universidad de Extremadura, hizo la titulación Técnica en Topografía en Mérida y el Grado Superior de Ingeniería en Geodesia y Cartografía en la Universidad de Jaén, después de adquirir la experiencia profesional mencionada anteriormente.

Sin más, esperando que dicha guía sea de utilidad para sus estudiantes y también sirva como salto para su autora, animándose a seguimos desarrollando documentos docentes para la universidad que, por lo menos, para un profano como yo resulta interesante y lo más difícil, hacernos disfrutar de su lectura, por ser directo, sintético y muy gráfico.

PABLO GARCÍA RODRÍGUEZ

Director de la Escuela Politécnica

INTRODUCCIÓN

La topografía es una materia muy amplia y quizás sin saberlo, todos tenemos algo de topógrafos. ¿Quién no se ha medido alguna vez una distancia, incluso a pasos? ¿Un ángulo de forma aproximada? ¿Los metros cuadrados de un piso, un salón, o una pequeña finca? Todos podemos medir distancias, ángulos y áreas, pero si sabemos los fundamentos básicos de topografía comprenderemos la incertidumbre de la medida según el cómo, con qué y con quién se haya realizado.

Para quien se dedique a la Edificación, o una ingeniería relativa a la construcción, como es la Ingeniería Civil, es necesario tener unos conceptos mínimos sobre topografía. La topografía no es simplemente medir, es saber con qué precisión, exactitud e incertidumbre se realizan las medidas, sobre todo si esa medida es importante para una tarea de tasación o ejecución de una obra. Existe un Grado específico en topografía que forma a especialistas en dicha área, “Grado en Geomática y Topografía”, el cual actualmente se imparte en la UEx, concretamente en el CUM, Centro Universitario de Mérida. Esta guía es muy básica para aquellos alumnos que estén o hayan cursado este Grado.

El manual titulado *Guía práctica de topografía en el Grado de Edificación* ha sido diseñado para ordenar las prácticas de la asignatura de topografía del Grado de Edificación de la Universidad de Extremadura. Dicho manual ha ido evolucionando durante cinco años, cuyas tareas han ido cambiando hasta obtener la guía que aquí se presenta. La asignatura de topografía, troncal en el **Grado de Edificación**, tiene como objetivo introducir en un único cuatrimestre los conceptos topográficos más importantes para afrontar lo mejor posible su profesión, la edificación.

Las tareas propuestas en esta guía revisa los conceptos fundamentales relativos a la topografía y a sus materias afines como son la cartografía, instrumentos topográficos, y méto-

dos topográficos y fotogramétricos, todos ellos cada vez más imprescindibles en edificación y construcción. El manual está compuesto de diez prácticas de laboratorio y de campo pensadas en abarcar estos conceptos topográficos:

- Práctica 1. La cartografía y el órgano oficial que nos permite obtener información.
- Práctica 2. Redes geodésicas y clavos de nivelación de alta precisión ya existentes.
- Práctica 3, 4 y 5. Instrumentos topográficos: Estación total y nivel topográfico.
- Práctica 6, 7, 8 y 9. Métodos topográficos: Replanteo, radiación, poligonal e intersección.
- Práctica 10. Levantamiento topográfico y fotogramétrico, rectificación de imágenes.

Tras realizar las prácticas de este manual de topografía, debería quedar claro que cuando se mide una distancia, ángulo o coordenadas de un punto, la medida obtenida dependerá de muchos factores: instrumento empleado, metodología, condiciones atmosféricas y operador quien haga la toma de datos. Por ello, cuando se realice (o se contrate) una medición, sabremos no solo un valor y su unidad de medida, además podremos conocer información sobre la calidad métrica de las medidas.

Finalmente, quiero agradecer a Roberto García su enfoque como estudiante de Edificación y actual colaborador en el laboratorio de *Smart Open Lab* por sus ficheros en formato CAD presentados en los anexos para entregar las prácticas en un formato unificado de dibujo.

AURORA CUARTERO SÁEZ

LABORATORIO 1

DATOS CARTOGRÁFICOS

Objetivos. Tras realizar esta sesión práctica, el alumno/a habrá de conocer la cartografía oficial disponible en España, así como el órgano oficial encargado de mantener actualizada dicha información cartográfica, Instituto Geográfico Nacional (IGN). Además se desarrollará destreza para recopilar información cartográfica mediante diferentes visualizadores cartográficos de una determinada zona de trabajo.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) fue creado en septiembre de 1870 y hasta la actualidad ha realizado y realiza muchas funciones, entre ellas las relativas a la información cartográfica y geodésica de nuestro territorio.

Actualmente el IGN es un órgano directivo perteneciente al Ministerio de Fomento. En la figura 1 se puede observar el organigrama de dicho órgano. Entre las muchas funciones del IGN se quiere resaltar los siguientes puntos relacionados con cartografía y geodesia:

- *La dirección y el desarrollo de planes nacionales de observación del territorio con aplicación **geográfica y cartográfica**, así como el aprovechamiento de sistemas de fotogrametría y teledetección, y la producción, actualización y explotación de modelos digitales del terreno a partir de imágenes aeroespaciales.*
- *La programación del **Plan Cartográfico Nacional** y la producción, actualización y explotación de Bases Topográficas y Cartográficas de ámbito nacional para su integración en sistemas de información geográfica, y para la formación del **Mapa Topográfico Nacional** y demás cartografía básica y derivada.*

- La planificación y gestión de las **redes geodésicas terrestres** de ámbito nacional, de la **red de nivelación de alta precisión** y de la red de mareógrafos, así como el desarrollo de aplicaciones sobre sistemas de navegación y posicionamiento.
(Fuente: Real Decreto 452/2012, de 5 de marzo).

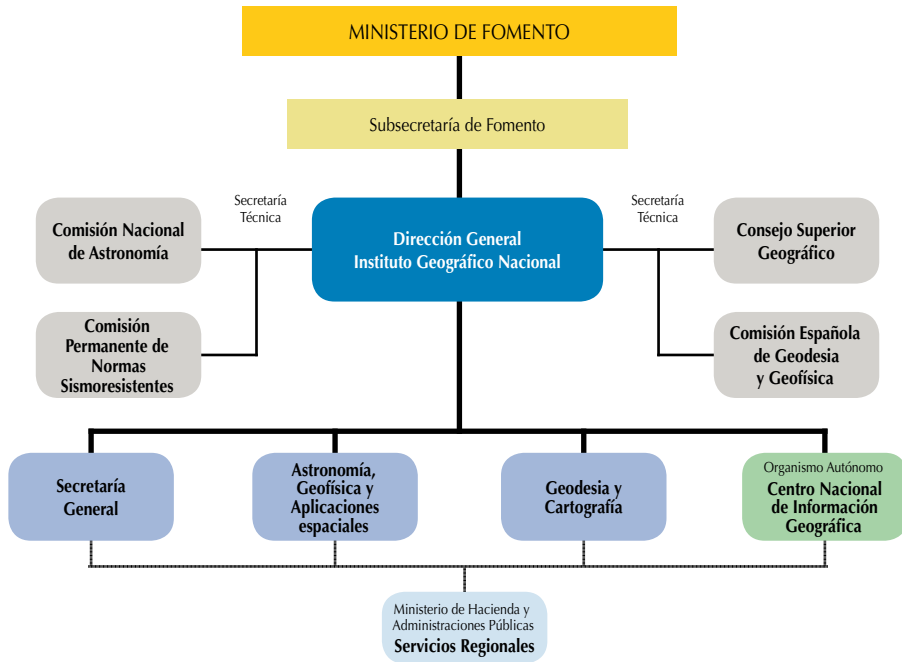


Figura 1. Organigrama general de IGN (fuente: <<http://www.ign.es/ign/layoutIn/acercaFunciones.do>>).

La página web <www.ign.es/ign> da acceso público y proporciona mucha información relativa a la cartografía oficial existente, además de otra información de interés para la planificación y realización de proyectos de obra civil y edificación. En la figura 2 se muestra la página de inicio a la web de este órgano.

Uno de los objetivos del IGN es poner a disposición una gran cantidad de datos, no solo cartográficos, que nos puede ser de gran utilidad en nuestros trabajos.

MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL, MTN (MTN25 Y MTN50)

En el año 1986 en la Ley 7/1986, de 24 de enero, de Ordenación de la Cartografía establece la competencia del Estado a través del IGN en "... la formación y conservación de las series cartográficas a escala 1:25.000 y 1:50.000 que constituyen el Mapa Topográfico Nacional".



Figura 2. Imagen de entrada en el Instituto Geográfico Nacional (fuente: <<http://www.ign.es/ign/main/index.do>>).

La cartografía básica está formada por el Mapa Topográfico Nacional 1:25.000 (MTN25) y el Mapa Topográfico Nacional 1:50.000 (MTN50). El MTN50 comprende 1.073 hojas que comprenden todo el territorio nacional. El MTN25 es la cartografía básica oficial de España y desde 1994 es una serie cartográfica digital.

Además de poder obtener la hoja impresa, existe la posibilidad de descargar el fichero PDF en el centro de descarga de la web del IGN, generándose un fichero ráster georreferenciado con el contenido del MTN50.

Esta información básica cartográfica forma parte de la información disponible del visualizador de imágenes del IGN y de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE).

Para más información sobre esta cartografía básica oficial se puede consultar el siguiente enlace: <<http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesCTmtn50.do>>.

VISOR IBERPIX DEL IGN

Los visores cartográficos son herramientas básicas para la realización de estudios previos en cualquier tipo de proyecto de obra civil o de edificación. Existen muchos visores cartográficos pero en esta práctica nos centraremos en el que está disponible en el IGN, IBERPIX.

A través del visor cartográfico IBERPIX se tiene la posibilidad de consultar coordenadas geográficas o UTM tanto en el sistema ED50 como en el actual sistema ETRS89, así como otras muchas herramientas como poder medir distancias reducidas y consultar áreas de una determinada zona.

IBERPIX es una herramienta que nos permite visualizar imágenes de la cartografía disponible y dependiendo del zoom empleado en el visor, la cartografía cambiará de escala, desde 1:1.000.000, pasando por las escalas 1:200.000 y 1:50.000 hasta llegar a la mejor escala

DATOS CARTOGRÁFICOS

1:25.000. Entre las muchas herramientas que ofrece este visor destacar: La representación del relieve mediante modelos digitales de elevaciones (MDE); Los usos del suelo (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España, SIOSE); Imágenes aéreas del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) e imágenes espaciales como LandSat 7 y Spot 5.

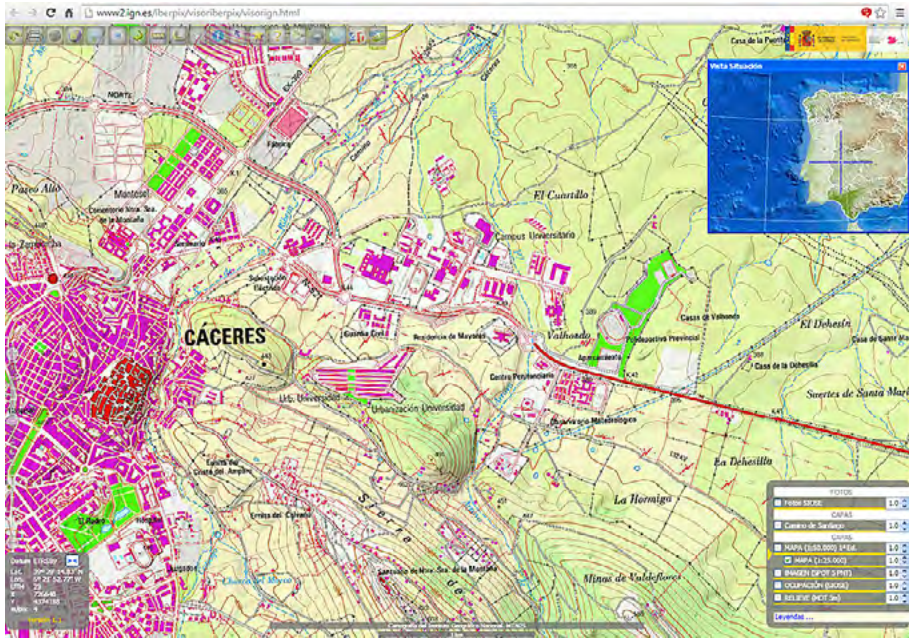


Figura 3. Captura de pantalla de la ciudad de Cáceres en el visor IBERPIX (fuente: <<http://www2.ign.es/iberpix/visoriberpix/visorign.html>>).

El objetivo de esta primera práctica de laboratorio de topografía será la exploración de una determinada zona de trabajo con las herramientas disponibles en la web del IGN y más concretamente con el visor cartográfico de IBERPIX. La información consultada puede ser comparada con otros visores cartográficos y analizar diferencias entre coordenadas de puntos.

OTROS VISORES CARTOGRÁFICOS

Además del visor del IGN, IBERPIX, se reseñarán otros visores que pueden ser de interés:

- Visor cartográfico del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. <<http://sig.magrama.es/geoportal/>>.
- SIGNA, Sistema de Información Geográfica Nacional de España. <<http://signa.ign.es/signa/>>.

- **ideAGE**, Visor de Infraestructura de Datos Espaciales de la Administración General del Estado. <<http://www.ideage.es/>>.
- **SIU**, Visor Sistema de Información Urbana del Ministerio de Fomento. <<http://visorsiu.fomento.es/siu/>>.
- **CARTOCIUDAD**. <<http://www.cartociudad.es/visor/>>.
- **Goolzoom**, Visor con información catastral, este es el visor que permite visualizar las fincas catastrales, datos del registro sobre capas del PNOA y de fincas rurales catastrales (SIGPAC) y de cartografía urbana Cartociudad, etc.

Algo que nos puede ser de utilidad es la búsqueda de inmuebles sobre una determinada área seleccionada utilizando la base de datos de webs especializadas como Idealista.com.

PARA SABER MÁS, ENLACES DE INTERÉS

<<http://www.ign.es/>>.

<<http://www2.ign.es/iberpix/visoriberpix/visorign.html>>.

<<http://pnoa.ign.es/es>>.

<<http://digimapas.blogspot.com.es/>>.

EJERCICIOS

Con la información revisada hasta el momento sobre visualizadores cartográficos oficiales realiza las siguientes tareas:

TAREA 1

Redactar un documento que recoja toda la información cartográfica disponible de una determinada área de trabajo (sugerencia: municipio de origen). Sobre dicha zona se realizarán las siguientes consultas: Escalas de la cartografía disponible y precisiones correspondientes. Imprime un documento (formato PDF) de la zona trabajo a una escala formal.

TAREA 2

Realiza un perfil longitudinal dentro de la zona de trabajo seleccionada de aproximadamente 2 o 2,5 km. Los datos de partida para dicho perfil será la cartografía de mejor escala disponible.

LABORATORIO 2

DATOS GEODÉSICOS

Objetivos. Tras cubrir esta sesión práctica, el alumno/a es capaz de buscar información relativa al posicionamiento absoluto mediante vértices geodésicos y señales de la red de nivelación de alta precisión (REDNAP) de una determinada zona de trabajo. En concreto se habrán adquirido habilidades para:

- Distinguir entre diferentes tipos de señales geodésicas y topográficas (pilares, placas o clavos, hitos fijos y señales geodésicas).
- Realizar consultas sobre datos geodésicos en la web del IGN.
- Buscar y descargar información procedente de redes geodésicas nacionales para obtener el posicionamiento absoluto de uno o varios puntos en una determinada área.

TIPOS DE SEÑALES GEODÉSICAS Y TOPOGRÁFICAS

La materialización de un punto de coordenadas conocidas, se puede realizar mediante una señalización específica en el terreno. En topografía es muy común emplear estacas, clavos como señales semipermanentes (figura 4a), pero lo más seguro y duradero son señales como hitos fijos muy empleados en obra civil y edificación (ver figura 4b).

Además de las señales topográficas, podemos encontrar señales geodésicas, que son llamadas en el área de cartografía y geodesia como vértices geodésicos. Dichos puntos forman parte de una red de puntos que cubren el territorio nacional y nos permiten enlazar nuestras mediciones a coordenadas dentro de un sistema de referencia global. Las figuras 4 y 5 presentan ejemplos de señales tanto topográficas como geodésicas.



a) Clavos



d) Vértice geodésico



b) Hito feno



e) Estación permanente



c) Clavos de nivelación REDNAP



f) Placa con clavo

Figura 4. Ejemplos de señales topográficas y geodésicas. Estas señales topográficas y geodésicas se encuentran en la zona de Politécnica de la Universidad de Extremadura, excepto la d) que es un vértice geodésico.

En una señal topográfica, cuyas coordenadas pueden ser locales o globales, la incertidumbre de sus coordenadas dependerá de los métodos e instrumentos topográficos empleados para obtener dichas coordenadas. Por otro lado, las señales geodésicas, cuya monumentación es más grande y estable, la incertidumbre de estas coordenadas depende de la red geodésica a la pertenece.



Figura 5. Ejemplo de señal de un vértice geodésico.

RESEÑA DE UNA SEÑAL TOPOGRÁFICA O UN VÉRTICE GEODÉSICO

Una vez tenemos claro el concepto de señales topográficas y vértices geodésicos debemos saber interpretar, así como saberlas realizar, las reseñas de estos puntos de coordenadas conocidas.

La palabra “**reseñar**” significa realizar una descripción breve. En el área de cartografía, geodesia y topografía, realizar una reseña de una de estas señales (vértice geodésico o base topográfica o de replanteo) es realizar un documento donde se resuma toda la información básica de dicho punto, desde sus coordenadas, sistema de referencia, ubicación (tanto croquis como con una imagen), así como el tipo de señal. Además se explica mediante un breve texto el acceso a dicho punto.

En la figura 6a se muestra un ejemplo de reseña del vértice geodésico, Sierrilla, en el cual además de una descripción breve de cómo se accede, nos muestra sus coordenadas geográficas y UTM (especificando el huso de dicha proyección), fecha de construcción, tipo de señal y sus dimensiones. Complementan esta información dos capturas de imágenes de su localización en la cartografía 1:25.000 y en la ortoimagen (figura 6b).



Reseña Vértice Geodésico 31-oct-2015

Número.....: 70439
 Nombre.....: **Sierrilla**
 Municipios: Cáceres
 Provincias: Cáceres
 Fecha de Construcción.....: 05 de mayo de 1980
 Pilar con centrado forzado...: 1,20 m de alto, 0,30 m de diámetro.
 Último cuerpo.....: 1,00 m de alto, 1,00 m de ancho.
 Total cuerpos.....: 1 de 1,00 m de alto.

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 6° 23' 31,5009"	- 6° 23' 36,39053"
Latitud.....:	39° 29' 03,1105"	39° 28' 59,71457"
Alt. Elipsoidal...:		576,431 m (CF)
Compensación.:	01 de enero de 1983	28 de noviembre de 2004

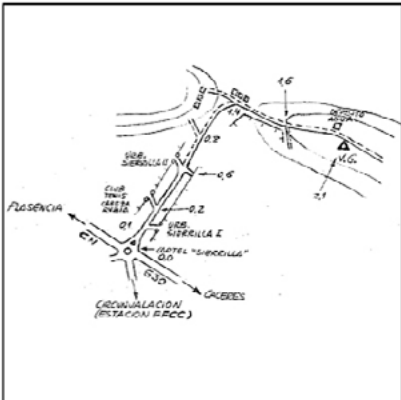
Coordenadas UTM. Huso 29 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	724301,95 m	724178,927 m
Y.....:	4373032,17 m	4373610,019 m
Factor escala...:	1,000219435	1,000218802
Convergencia...:	1° 30' 32"	1° 30' 29"
Altitud sobre el nivel medio del mar:		521,049 m. (BP)

Situación:
 Situado en lo más alto de la Sierrilla que hay encima de la fuente de aguas vivas, en terreno de erial, al N.W. de Cáceres.

Acceso:
 Desde Cáceres por la carretera nacional N-630 a Plasencia, en el P.K. 551,400 existe una glorieta redonda de intersección de carreteras (inicio de la circunvalación desde Cáceres). La de la dcha. está indicada con un cartel a la "Sierrilla". A los 100 m. se pasa por la entrada de la Urbanización "Sierrilla I"; a los 200 m. se deja a la izda. la entrada de un club de tenis (Cabeza Rubia); a los 600 m. se termina la carretera en la entrada de la Urbanización "Sierrilla II". Siguiendo de frente llegando al collado (en el que existen casas) a los 1400 m. Aquí se toma el camino de la dcha. y se llega al vértice después de recorrer 2100 m. con cualquier vehículo.

Horizonte GPS:
 Despejado



Observaciones:
 IBERIA95.
 REGENTE.
 Vértice observado con GPS.
 Informe del estado del Vértice: <http://ip.geodesia.ln.es/unidades/infoRG.pdf>

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.

Figura 6a. Ejemplo de reseña del vértice geodésico de Sierrilla.



MINISTERIO DE FOMENTO



Área de Geodesia
Subdirección General de Geodesia y Cartografía

Cartografía de situación

31-oct-2015

Escala 1:25.000

070439 Sierrilla

Coordenadas ETRS89. Huso 29

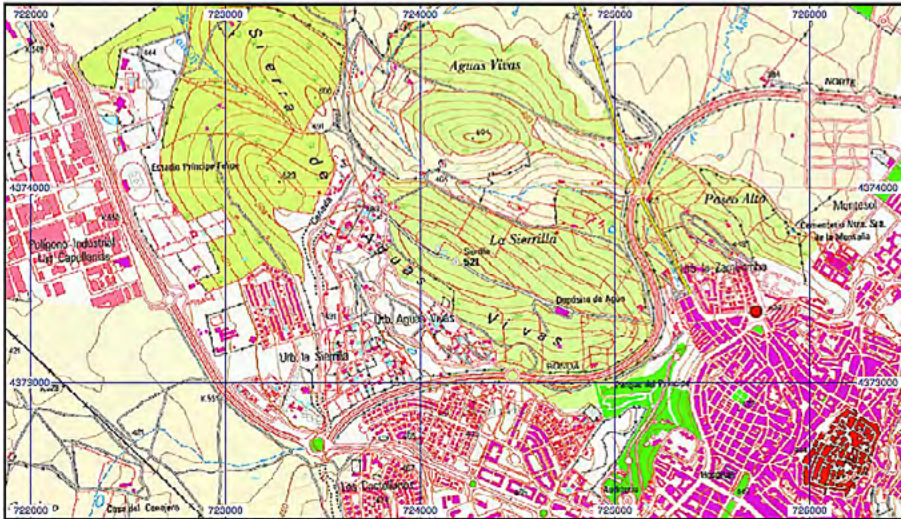


Figura 6b. Ejemplo de reseña del vértice geodésico de Sierrilla en Cáceres.

REDES GEODÉSICAS EN ESPAÑA

La Red Geodésica Española está formada por unos 11.000 vértices geodésicos. Estos vértices geodésicos están materializados mediante pilares de 1,20 m de altura y de 30 cm de diámetro sobre una base cúbica de altura variable y ancho de aproximadamente 1 m de lado. Estas señales suelen estar en sitios despejados y con mucha visibilidad y además su destrucción está penada por la Ley desde 1975 (ver figura 5).

En la construcción de la primera red geodésica nacional se podía distinguir tres categorías de vértices geodésicos: primer orden, segundo orden y tercer orden. Esta red supuso la materialización en el terreno del sistema de referencia **European Datum 1950 (ED50)**, el cual fue el sistema de referencia en España desde 1970.

Actualmente los vértices geodésicos en España se distinguen en dos categorías:

- La **Red de Primer Orden**: 680 vértices geodésicos separados entre 30 y 40 km.
- La **Red de Orden Inferior (ROI)**: unos 11.000 vértices geodésicos separados entre 6-7 km.

Desde el 2007, y a partir del Real Decreto 1071/2007 en el que se establece el cambio de sistema al actual Sistema Geodésico de Referencia al European Terrestrial Reference System 1989 (**ETRS89**), se llevó a cabo una compensación de la Red Geodésica Nacional a dicho sistema. Este marco al que se realiza dicho cambio fue el que forma la red REGENTE, Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales.



Figura 7. Vértices de la red REGENTE
(fuente: <<http://www.ign.es/ign/layout/n/actividadesGeodesiaRedgd.do>>).

La información relativa de estos vértices geodésicos, reseñas y coordenadas, puede ser consultada y descargada en la web del IGN en la sección de datos geodésicos (<<http://www.ign.es/ign/layout/datosGeodesicos.do>>).

VÉRTICES GEODÉSICOS REGENTE

La Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales, REGENTE, está constituida por 1.029 vértices en la zona española de la Península Ibérica y Baleares; y por otros 72 vértices en las islas Canarias (figura 7). La densidad media de estos vértices geodésicos es de una estación, o vértice, por cada Hoja del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 (MTN50), por lo que se puede disponer de un vértice REGENTE en un entorno máximo de 20 km.

ESTACIONES PERMANENTES GNSS

Por otro lado, y de forma complementaria, el territorio nacional está cubierto por una red geodésica de estaciones permanentes del IGN (figura 8), *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS), denominada ERGNSS, la cual está integrada en el marco de referencia internacional ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*).



Figura 8. Red de estaciones permanentes del IGN
(fuente: <<http://www.ign.es/ign/layout/ign/geodesiaDatosGNSS.do>>).

REDES DE NIVELACIÓN REDNAP

La actual Red de Nivelación de Alta Precisión, REDNAP, se forma por una serie de líneas señalizadas mediante señales topográficas de nivelación separadas aproximadamente 1 km y tiene una longitud total de las líneas niveladas de unos 16.000 km.

Esta red de nivelación REDNAP fue iniciada en 1999 y finalizada en 2007. En el 2008 se realiza su complensación en bloque unificando a un datum. Esta nueva red unifica la antigua red NAP (Nivelación de Alta Precisión), iniciada el 1928 y finalizada en 1972, y su posterior densificación del 1975 al 1988. Esta red materializada por clavos, de bronce o hierro, grabados con las NP, nivelación de precisión, y un número orden. Esta antigua red distinguía entre las señales principales y las secundarias.

SISTEMA GEODÉSICO DE REFERENCIA SGR EN ESPAÑA

El Real Decreto 1071/2007 regula el sistema geodésico de referencia oficial en España adoptando el sistema de referencia global *European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89)* para la península, Baleares, Ceuta y Melilla, y REGCAN95 para Canarias. La proyección es UTM en el huso 30, extendido para la península, Baleares, Ceuta y Melilla, y en el huso 28 para Canarias.

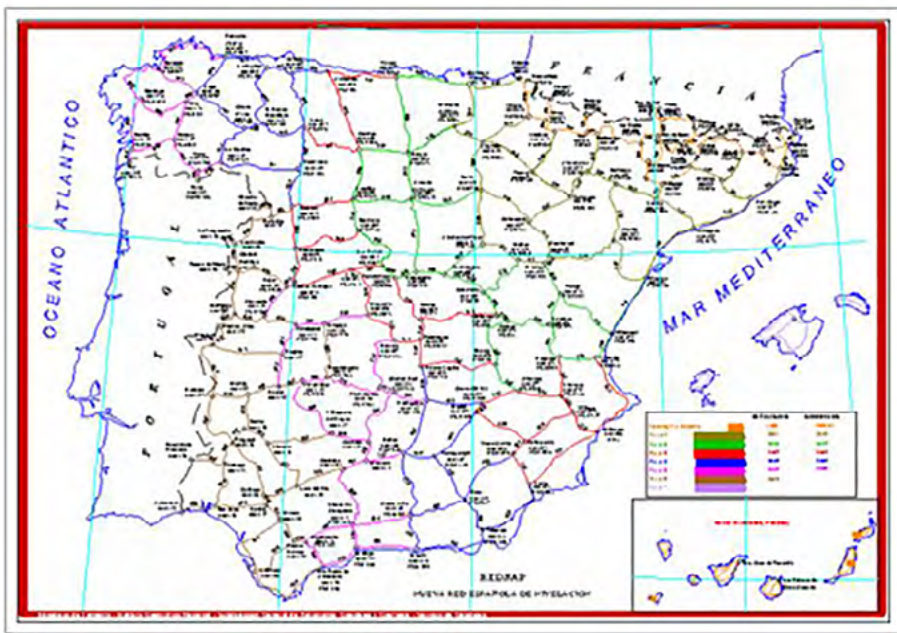


Figura 9. Actual Red Española de Nivelación de Alta Precisión REDNAP (fuente: <www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesGeodesiaRedn.do>).

PARA SABER MÁS, ENLACES DE INTERÉS

<<http://www.ign.es/ign/layoutIn/geodesiaVertices.do>>.

Visualizador de señales geodésicas: <<http://www.ign.es/ign/layoutIn/visorgeodesia.do>>.

Buscador de señales de nivelación: <<http://www.ign.es/ign/layoutIn/geodesiaRedNivelacion.do>>.

<ftp://ftp.geodesia.ign.es/Red_Geodesica/Coordenadas/>.

Real Decreto 1071/2007 <<https://www.boe.es/boe/dias/2007/08/29/pdfs/A35986-35989.pdf>>.

International Terrestrial Reference Frame: <<http://itrf.ensg.ign.fr/>>. En este enlace web se distribuye productos de los marcos ITRF, *International Terrestrial Reference Frame*, y se pueden obtener la descripción y lista de las estaciones IERS.

EJERCICIO

Con la información revisada sobre señales y vértices geodésicos, realiza la siguiente tarea:

TAREA 3

Redacta un documento donde quede resumida y croquizada toda la información geodésica disponible de una zona concreta de trabajo (la misma zona de trabajo que la Tarea 1 del Laboratorio 1).

En dicho documento se especificarán los tipos de vértices y señales con coordenadas geodésicas encontrados; la red geodésica a la que pertenece (REDNAP, ROI y REGENTE) y la exactitud de las coordenadas de posicionamiento de dicha señal. Además se descargarán las reseñas disponibles de los vértices encontrados. Ver ejemplo en anexo 1 zona de Politécnica.

Para la obtención de datos de las líneas y señales se puede consultar el Servidor de Datos Geodésicos. Para más información sobre esta red de nivelación y consultar el servidor de datos tenemos un enlace en la web del IGN: <<http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesGeodesiaRedn.do>>.

LABORATORIO 3

ESTACIÓN TOTAL (ET)

Objetivos. Tras cubrir esta sesión práctica, el alumno/a es capaz de distinguir entre diferentes tipos de instrumentos topográficos: Estación total (ET), nivel topográfico, GPS... y habrá adquirido la habilidad en el manejo de alguno de ellos. En esta práctica se empezará con una ET.

Además, se adquirirán habilidades en:

- Estacionar una ET sobre un determinado punto o señal topográfico.
- Conocer los ejes y movimientos de la ET para poder medir correctamente desde un determinado punto de estación.
- Conocer y manejar los tornillos y teclas de función para realizar medidas de observables (ángulos y distancias).

INTRODUCCIÓN

Los instrumentos en topografía constituyen las principales herramientas de trabajo para tomar medidas topográficas. En esta práctica de laboratorio vamos a realizar una revisión de los diferentes tipos de equipos topográficos, así como del material auxiliar que se emplearán en las prácticas de topografía para la toma de medidas y de datos en exterior o interior, más concretamente en zonas colindantes de Politécnica de Cáceres.

Hay que tener en cuenta que estos equipos van siempre mejorando con el rápido avance tecnológico y su manejo es cada vez más sencillo y automatizado, pero para un primer contac-

ESTACIÓN TOTAL (ET)

to con los instrumentos de medida es quizás más transparente que dichos equipos no sean de última generación. Por otro lado, es importante comprender que el correcto estacionamiento de una estación total (ET), así como el correcto uso del material auxiliar, es básico obtener el máximo rendimiento de nuestros resultados. Es decir, la exactitud de las medidas realizadas no depende solo de las características técnicas de estos equipos, también es importante la calidad de nuestros estacionamientos así como de las colocaciones de jalones y miras. Dicho en otras palabras, una ET con muy buenas características mal estacionada nos dará medidas con grandes errores.

INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS

Entre los instrumentos topográficos actuales más empleados se va a reseñar:

- Estación Total (ET).
- Nivel topográfico o equialtímetro.
- Escáner láser terrestre.
- Receptores Global Positioning System (GPS) y Global Navigation Satellite System (GNSS).

Todos estos instrumentos topográficos nos permiten tomar datos para realizar medidas directas sobre el terreno. Las ETs pueden ser robotizadas, las cuales tienen integrados servomotores de rastreo y reconocimiento de prisma. También se han desarrollado las ETs más avanzadas que tienen integrado sistema de GNSS.

MATERIAL AUXILIAR DE TOPOGRAFÍA

Los instrumentos topográficos van acompañados por material auxiliar el cual se debe controlar y cuidar igual que los propios instrumentos.

- Trípodes.
- Baterías.
- Prismas.
- Jalones.
- Miras.
- Cintas métrica o flexómetro o simplemente metro.

EJES PRINCIPALES Y MOVIMIENTOS DE UNA ET

La ET es un instrumento que nos va a permitir medir ángulos horizontales, o azimutales, y ángulos verticales, o cenitales. Además de ángulos, también se pueden obtener diferentes tipos de distancias entre dos puntos (reducidas, geométricas y verticales).

Una ET tiene tres partes fundamentales que se relacionan con sus ejes principales de movimiento:

1. ALIDADA, que es la componente móvil de la ET y puede girar en torno a un eje vertical (principal).
2. LIMBO HORIZONTAL, el cual puede moverse solidariamente a la alidada o quedar fijo con respecto a ella.
3. BASE NIVELANTE, sirve para nivelar la ET y unirla a un trípode. La ET suele quedar siempre fija respecto de los movimientos de la alidada.



Figura 10. Ejes de una estación total (ET).

Los tres movimientos de una ET son:

- Giro general alrededor del eje vertical del aparato.
- Giro particular alrededor del eje vertical del aparato.
- Giro general alrededor del eje horizontal del aparato.

Una ET tiene otros movimientos independientes cada uno de ellos controlados con sus correspondientes tornillos llamados:

- Tornillos de presión o de movimiento rápido.
- Tornillos de coincidencia o de movimiento lento.

Ambos tipos de tornillos existen para controlar tanto los movimientos o giros horizontales y verticales, del limbo horizontal y de la alidada respectivamente, de la ET (ver figura 11b).

Los tornillos que controlan los movimientos rápidos, también llamados de “enganche” es muy importante no forzarlos. Los tornillos de coincidencia, o de movimiento lento, son los que se emplean para colimar lo más exacto posible al punto que queremos medir.

PARTES DE UNA ET

Los elementos o partes que forman una ET son (ver figuras 11b y 11c):

- 1. Caja del limbo horizontal:** Contiene el limbo horizontal y se utiliza para realizar las mediciones de los ángulos horizontales, también denominados azimutales. Los ángulos horizontales tienen un valor comprendido entre 0° y 400° .
- 2. Caja del limbo vertical:** Contiene el limbo vertical y sobre él se realizan las mediciones de los ángulos verticales o cenitales. Los ángulos verticales tienen un valor de 0° a 200° en Círculo Directo (CD) y de 200° a 400° en Círculo Inverso (CI).
- 3. Anteojo:** Elemento con el que se realiza la puntería sobre el punto a observar y gira alrededor de un eje horizontal y de otro vertical. Dentro del anteojo se pueden distinguir varias partes o componentes:
 - **Objetivo del anteojo:** Lo forman dos o más lentes, con la finalidad de formar una imagen real e invertida del objeto.
 - **Anillo de enfoque:** Permite enfocar correctamente la imagen observada.
 - **Ocular del anteojo:** Son dos lentes que tienen como función principal la amplificación de las imágenes. Otra función es la de enfocar los hilos estadimétricos del retículo.
 - **Retículo:** Es una especie de diafragma situado en el tubo ocular donde está grabada la **cruz filar** que permite hacer punterías con precisión.
 - **Montura:** Lo forman tres tubos, donde van montados el ocular y el objetivo, y que además llevan un engranaje que permite alargar o acortar el anteojo para enfocar correctamente.
- 4. Tornillos**
 - **Tornillo de presión vertical (o de movimiento rápido):** Cuando este tornillo se encuentra suelto podemos girar el anteojo alrededor de *un eje horizontal* de forma libre y rápida.
 - **Tornillo de coincidencia vertical:** Apretado el tornillo de presión vertical, al girar este tornillo que tiene un recorrido limitado, provocaremos un movimiento lento del anteojo alrededor del eje horizontal, facilitándonos la realización de la puntería exacta sobre un punto.
 - **Tornillo de presión particular:** Si este tornillo está suelto permite girar el aparato alrededor de *un eje vertical* de forma rápida, pero manteniéndose fijo el limbo horizontal.
 - **Tornillo de coincidencia particular:** Una vez apretado el tornillo de presión particular, al girar este tornillo que tiene un recorrido limitado, se provoca un movimiento lento del aparato alrededor de *un eje vertical*, facilitando la realización de la puntería exacta sobre un punto, pero siempre manteniéndose fijo el limbo horizontal.
 - **Tornillo de presión general:** Realiza las mismas funciones que el tornillo de presión particular, con la diferencia que, en este caso, el giro también afecta al limbo horizontal.

- **Tornillo de coincidencia general:** Realiza las mismas funciones que el tornillo de coincidencia particular, con la diferencia que, en este caso, el giro también afecta al limbo horizontal.
5. **Nivel esférico:** Está constituido por una caja metálica, cerrada superiormente por una tapa de cristal, que tiene la cara interior esférica. Este nivel está lleno casi por completo de éter o bencina, dejando un pequeño espacio o burbuja, lleno de vapores del líquido y de aire, que ocupa siempre la parte más alta del cristal esférico. Cuando la burbuja está calada, el plano tangente en el centro del nivel es horizontal.
 6. **Nivel tórico:** También llamado “nivel de plato” o “tubular”. Consiste en un tubo de vidrio en forma de segmento tórico, también lleno en casi su totalidad de éter, quedando una burbuja de aire mezclada con los vapores del líquido.
 7. **Base nivelante:** Tiene forma de triángulo equilátero en cuyos vértices se encuentran 3 tornillos nivelantes. Estos tornillos tienen la función de conseguir la nivelación exacta del aparato, consiguiendo su perfecto estacionamiento. La base nivelante sirve también de unión de la estación total con el trípode.
 8. **Plomada óptica:** Es un dispositivo incorporado en la base nivelante de la ET y nos permite situar o estacionar el aparato exactamente sobre el punto que nos interesa. La plomada está materializada por un rayo óptico que tiene la dirección de la línea de la plomada, o vertical, de manera que a través de un pequeño antejo podemos ver el punto de estación y alinearlos con el eje principal de la ET al punto de estación.



Figura 11a. Estación total (ET) en su caja (fuente: fotografía de Francisco Barrena García).

Antes de sacar la ET de la caja (figura 11a), observar los **dos puntos amarillos** de referencia que tienen algunas ETs, para posteriormente volver a colocarlas sin forzar ningún elemento. Para guardar correctamente el equipo en su caja se deberá dejar todos los tornillos aflojados.

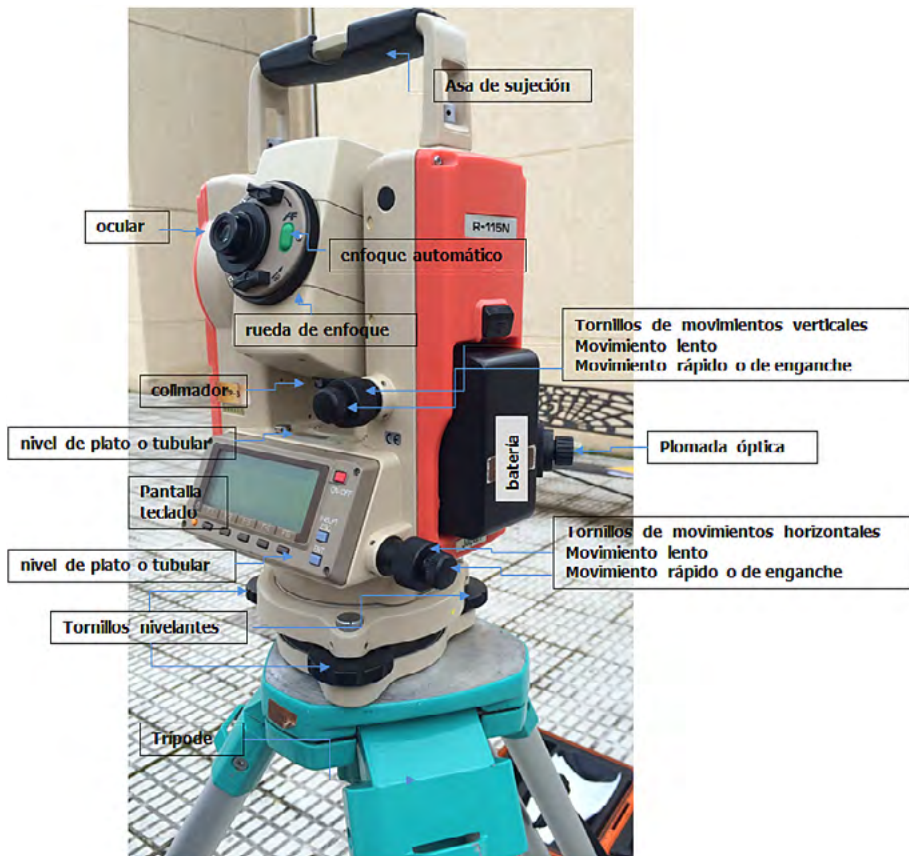


Figura 11b. Componentes de una estación total (ET) empleada en prácticas, PENTAX serie R-115N.



Nivel esférico

Nivel tórico, de plato o tubular

Figura 11c. Nivel esférico y nivel tórico (de plato o tubular). Estación total PENTAX serie R-115N (fuente: fotografías de Francisco Barrena García).

Para aprender a estacionar una ET es recomendable conocer cada una de las partes y elementos que componen dicho instrumento de medida, así como observar previamente como se realiza el estacionamiento por otra persona (profesor/a de prácticas o video tutoriales).

PASOS PARA ESTACIONAR UNA ET

El objetivo en el estacionamiento de una ET es conseguir la verticalidad del eje principal del equipo coincidiendo con el punto topográfico sobre el que queremos estacionar la ET con la mayor precisión posible, y además conseguir que el limbo horizontal sea perpendicular a dicho eje principal, es decir horizontal en cualquier posición que se posicione el eje secundario. Las fases para estacionar son las siguientes.

- 1. Colocación del trípode:** En primer lugar se extenderán las patas del trípode hasta que tengan una altura adecuada de trabajo, dejando siempre un margen para el movimiento de las mismas, nunca se deben extender las patas del trípode al máximo. Se colocará el trípode abierto sobre el punto en el que se vaya a realizar el estacionamiento, procurando colocar la plataforma del mismo lo más horizontal posible y atornillar con mucha seguridad la ET al trípode.
- 2. Sujeción de la ET al trípode:** La ET se coloca y sujeta al trípode mediante la base nivelante. Esta se fija al trípode mediante un tornillo de sujeción.
- 3. Centrado del equipo sobre el punto de estacionamiento:** Manteniendo fija una de las patas del trípode sobre el terreno y observando por la plomada óptica, se irá moviendo el aparato sujeto por las otras dos patas del trípode, hasta comprobar por la plomada óptica de la ET que se encuentra sobre el punto. Tras esta primera aproximación se procede a fijar las patas del trípode sobre el terreno con la máxima estabilidad posible.
- 4. Nivelación del nivel esférico:** El paso siguiente será conseguir la verticalidad del eje principal, para lo cual se busca la horizontalidad del plano sobre el que descansa la ET, este proceso estará conseguido cuando la burbuja del nivel esférico esté calada. Para ello, desplegamos o plegamos las patas del trípode sin levantarlas del suelo, aflojando el tornillo de presión de cada pata del trípode. Según la posición de la burbuja actuaremos sobre una pata u otra. Cuando la burbuja del nivel esférico esté dentro del círculo correspondiente esta quedará más concéntrica con la siguiente fase realizada con los tornillos de la plataforma nivelante.

Una vez nivelado el nivel esférico, se comprobará a través de la plomada óptica que el aparato se mantiene sobre el punto estación, en caso de no ser así, se aflojará el tornillo de sujeción de la ET con el trípode y se mueve sobre la base del trípode hasta conseguir la coincidencia.

- 5. Nivelación del nivel tórico o de plato:** Consiste en calar el nivel tórico de la plataforma del aparato mediante los tornillos nivelantes. El nivel tórico deber ser calado en dos direcciones perpendiculares para asegurar que la plataforma del aparato se encuentre sobre un plano lo más horizontal posible. A veces es necesario repetir el proceso.
- 6. Comprobación del estacionamiento:** Tras realizar los pasos anteriores se comprobará que la plomada de la estación coincide con el punto a estacionar y que las burbujas de los niveles, tanto esférico como de plato, están caladas. Por último, para comprobar que

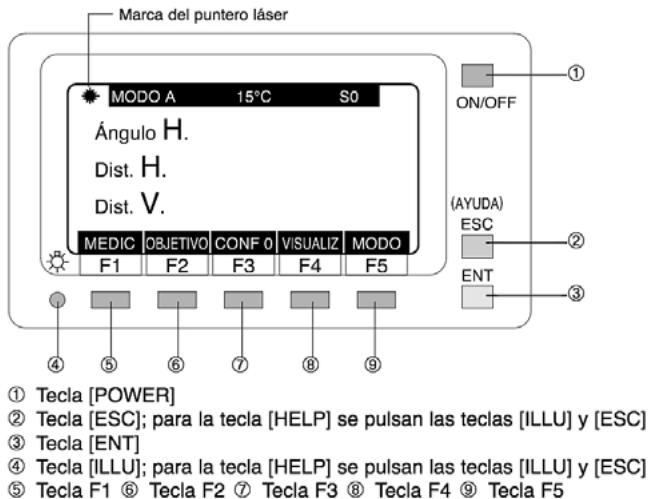
ESTACIÓN TOTAL (ET)

el equipo está nivelado se girará la alidada en varias posiciones, retocando algún tornillo si es preciso.

Resaltar que el **correcto estacionamiento** de un equipo de medida sobre la señal topográfica, es fundamental para la **calidad de las medidas**. Si estacionamos mal, donde no corresponde o con algún eje desviado, todas nuestras medidas estarán afectadas por este error.

OBTENCIÓN DE DATOS CON UNA ET

Tras un buen estacionamiento en una determinada base topográfica, el siguiente paso es la toma de datos. Para ello, debemos de saber el uso de las teclas de función del equipo a emplear: Encendido del equipo: *on, off*; Niveles de la batería; Teclas de función: F1, F2...; Teclas de control y cómo realizar las principales mediciones de lecturas angulares y distancias (ver figura 12).



- La marca del puntero láser se visualiza cuando se emite el rayo del puntero láser.

Teda	Descripción
[ON/OFF]	Encendido/apagado de la alimentación eléctrica.
[ESC]	Vuelve a la pantalla anterior o cancela una operación.
[HELP]	Al pulsar las teclas [ILLU]+[ESC] aparece un menú de ayuda en MODO A o MODO B o aparece un mensaje de ayuda.
[ENT]	Acepta la elección seleccionada (resaltada) o el valor de pantalla visualizado.
[ILLU]	Enciende y apaga la pantalla LCD y el retículo del telescopio.

Figura 12. Pantalla y Teclado de ET PENTAX R-115 (fuente: Manual de Instrucciones de Estación Electrónica Total. Serie R-100 R-115/N, R-125/R, R-135N PENTAX).

EJERCICIO

Con la información revisada hasta el momento sobre ET realiza la siguiente tarea:

TAREA 4

Realiza un estacionamiento de una ET sobre un punto topográfico ya señalado, el cual será indicado por el profesor/a de prácticas. Tras su estacionamiento, comprobar que el eje principal de la ET coincide con el punto de estacionamiento y que la alidada mantiene los niveles correctamente nivelados en cualquiera de las posiciones.

Tras verificar el correcto estacionamiento, explorar las diferentes opciones de las teclas de función de la pantalla y realizar varias medidas angulares entre dos puntos cualesquiera (sugerencia: alguna placa topográfica colindantes a los edificios de Politécnica).

LABORATORIO 4

RADIACIÓN Y VUELTA DE HORIZONTE

Objetivos. Tras cubrir esta sesión práctica, el alumno/a es capaz de estacionar correctamente una ET y tomar datos (angulares y de distancia) mediante el método de radiación con vuelta de horizonte y empleando Bessel. En concreto, se adquirirán habilidades para:

- Estacionar correctamente una ET.
- Tomar datos angulares y de distancias con una ET.
- Aplicar el método de Bessel para realizar lecturas angulares, círculo directo (CD) y círculo inverso (CI).
- Verificar la validez de la toma de datos mediante el método de “vuelta de horizonte”.
- Calcular y analizar los datos medidos con la ET así como su error de cierre angular.

INTRODUCCIÓN

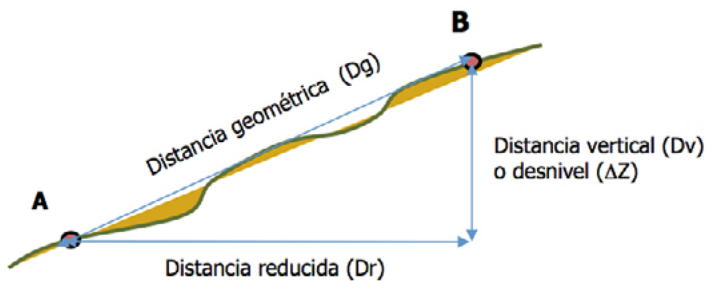
Tras conocer las partes de ET, así como los ejes sobre los que se rigen sus movimientos, además de saber estacionar correctamente (práctica anterior), en esta práctica se va a proceder a tomar medidas. Concretamente se va a realizar la medición a cuatro puntos desde un determinado punto de estación, anotando tanto medidas angulares como de distancias reducidas, emplearemos el método de Bessel y de Vuelta de Horizonte. Antes de realizar dicha práctica se revisan varios conceptos muy básicos e importantes de comprender.

RADIACIÓN Y VUELTA DE HORIZONTE

MEDIDAS LINEALES

Las medidas lineales que nos suele proporcionar una ET son (ver figura 13a):

- *Distancia geométrica* (D_g): Es la distancia "real" que separa a dos puntos unidos por una línea recta.
- *Distancia reducida* (D_r): Es la distancia horizontal (D_h), es decir la distancia geométrica proyectada en un plano.
- *Distancia vertical* (D_v): Es el desnivel entre dos puntos, es decir la diferencia entre cotas de ambos puntos.



Áng. Horizontal
Áng. Vertical
Dist. reducida
Dist. geométrica
Desnivel

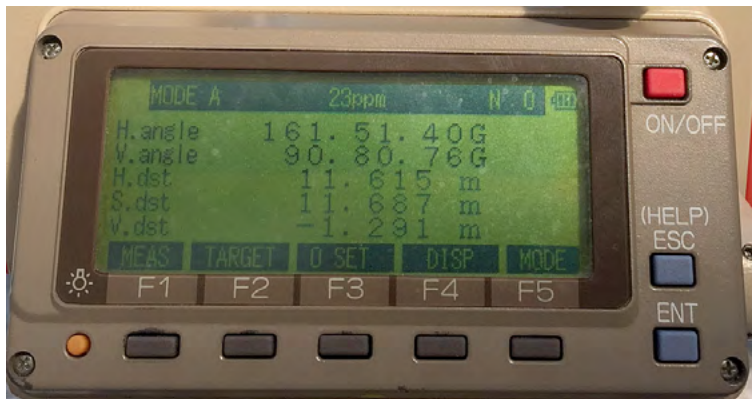


Figura 13a. Pantalla de un ET. Medidas básicas de lectura de ángulos y distancias.

MEDIDAS ANGULARES

Las medidas angulares que mide una ET son (ver figura 13b):

- *Ángulo horizontal*: Ángulo medido sobre un plano horizontal y se calcula mediante la diferencia de lecturas angulares horizontales (Lh) entre los puntos observados.
- *Ángulo vertical*: Ángulo medido sobre un plano vertical y se calcula mediante la lectura vertical (Lv) al punto observado.

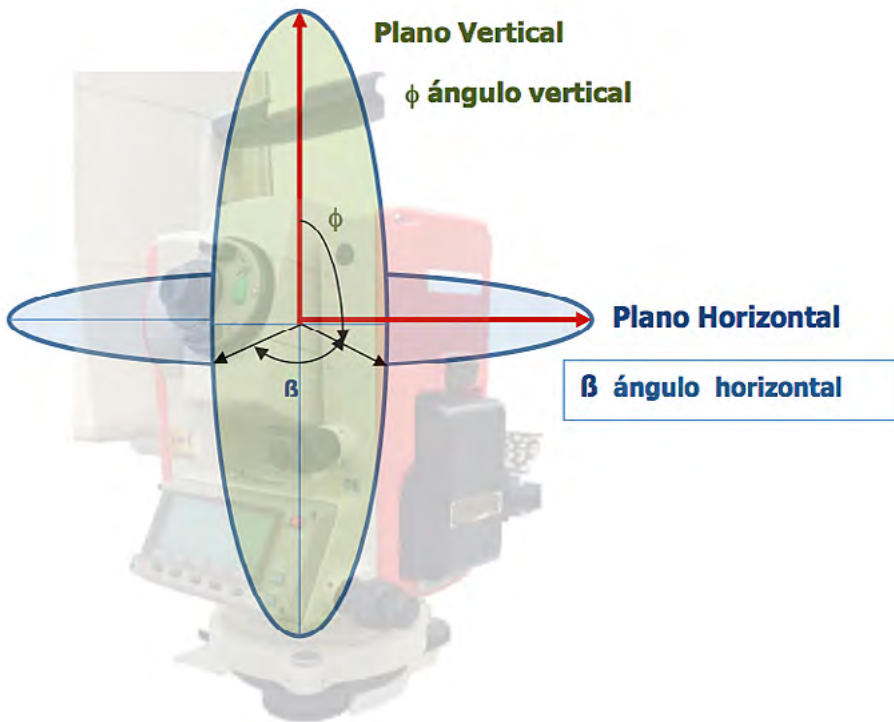


Figura 13b. Tipos de ángulos en topografía: ángulos horizontales y verticales.

RADIACIÓN

El método de radiación es el método más básico de tomar medidas (angulares y de distancia) desde un punto de estación, E, a otro punto, P, el punto radiado.

En la figura 14 se muestra una toma de datos por dicho método.



Figura 14. Ejemplo de radiación en Escuela Politécnica (imagen panorámica con perspectiva).

Los datos angulares serán azimutes dependiendo de si el equipo de medición, ET, ha sido previamente orientado. Para orientar una ET es necesario hacer coincidir el origen de medidas angulares horizontales, es decir el 0° del plano horizontal del equipo, con el Norte Geográfico.

Los cálculos de coordenadas de un punto radiado, P, desde una determinada estación, E, se realiza mediante el paso de coordenadas polares (azimut y distancia reducida) a rectangulares (coordenadas ΔX , ΔY), ver figura 15.

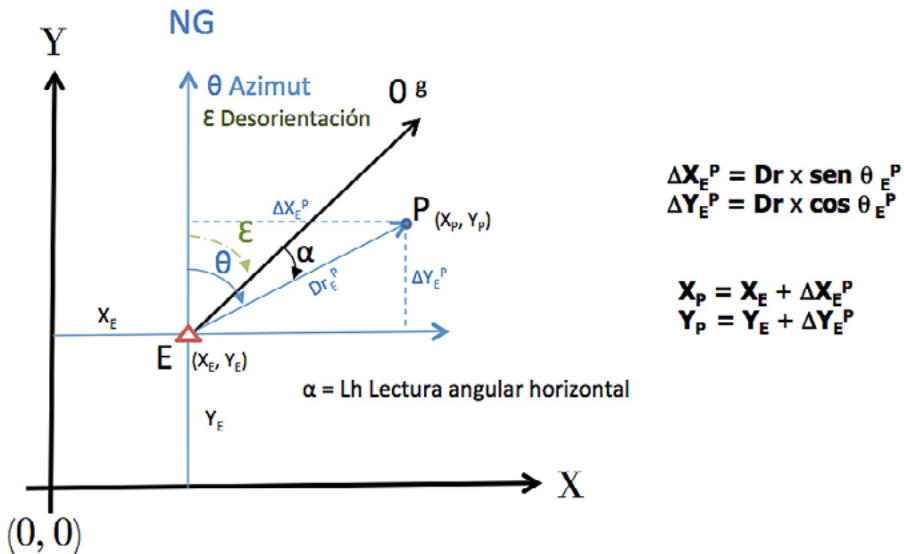


Figura 15. Método de Radiación. Concepto de Azimut (θ), Desorientación (ϵ) y Lectura horizontal (Lh). A la derecha, fórmulas de las coordenadas del punto P observado desde E y cálculo de coordenadas polares (θ , Dr) a rectangulares (ΔX , ΔY).

El método Bessel se basa en realizar medidas desde una ET a un punto, el cual se quiere medir, en dos modos diferentes: Círculo directo (CD) y Círculo inverso (CI). Por ello, en esta práctica, primera toma de datos con una ET, vamos a medir ángulos por el método Bessel. El objetivo de realizar las medidas mediante el método de Bessel es para asegurarnos que tenemos datos angulares repetidas veces y con posiciones del instrumento topográfico totalmente opuestas.

Para reconocer si un aparato está en posición normal o invertida bastará con observar la Lectura vertical (Lv) en una posición cualquiera del anteojo:

- Modo Círculo Directo (CD): Lv está comprendida entre 0 y 200 grados.
- Modo Círculo Inverso (CI): Lv está comprendida entre 200 y 400 grados.

TOMA DE DATOS CON “VUELTA DE HORIZONTE”

Desde un punto estación, previamente seleccionado en función de los puntos que se vayan a medir, se realizará el estacionamiento de la ET.

La “vuelta de horizonte” consiste en tomar las lecturas horizontales (Lh) de los puntos a observar desde el punto de estación (todos ellos en CD y CI), comprobando que el error de cierre respecto a una referencia elegida es inferior a la tolerancia de cierre angular previamente calculada.

La referencia, primer punto a observar, debe de cumplir que sea un punto lejano, bien definido y claramente visible. Insistir que dicho punto de referencia debe tener absoluta estabilidad, es decir que no se va a mover (vientos, elementos de obras...).

Los pasos a seguir de forma más detallada son los siguientes:

- Estacionar la ET.
- Se visa a la referencia elegida (en CD).
- Se visan a cada uno de los puntos, o vértices, que queremos medir (en CD).
- Volvemos a visar a la referencia (también en CD) y se comprueba que la lectura inicial y última a la referencia está dentro de un margen mínimo de error de lectura y apreciación de la ET.
- Se repite la operación pero esta vez en el modo de círculo inverso (CI): Se vuelve a visar a la referencia y en orden inverso al que hemos observamos los puntos elegidos volvemos a medir las lecturas angulares en CI.
- Como último paso, se visa de nuevo a la referencia inicialmente medida, pero esta vez en CI y comprobamos si la lectura está dentro de tolerancia.

Cada punto debe de tener unas lecturas horizontales de 200º de diferencia (solo en Lh) y las lecturas angulares verticales a un punto deben de sumar 400º.

El **error de cierre de la vuelta de horizonte** ($E_{\text{vuelta-horizonte}}$) es la diferencia entre la lectura promediada inicial y la lectura promediada final a la referencia observada al principio y final de la vuelta de horizonte. Este error de cierre no debe superar la tolerancia angular (calculada a partir de la precisión del instrumento utilizado). En caso contrario, la vuelta se considerará mal cerrada y deberá ser repetida la observación.

Tolerancia $_{\text{vuelta de horizonte}} = e_a \sqrt{n}$

T es la tolerancia establecida en la vuelta de horizonte.
 e_a es el error angular acimutal de la ET empleada.
 n es el número de visuales observadas en la vuelta de horizonte.

ERROR MÁXIMO DE RADIACIÓN EN UN PUNTO

El **error máximo** de radiación será el mayor de los dos: e_r o e_l , siendo la incertidumbre o su precisión relativa.

Error transversal	Error longitudinal
$e_{T_radiación} = \frac{e_{alh(\text{radianes})}}{r} D$	$e_{L_radiación} = \sqrt{e_d^2 + e_e^2 + e_s^2 + e_j^2}$
D: Distancia de radiación	e_d: error distancia (a mm + b ppm)
e_a: error máximo angular	e_e: error de estacionamiento e_s: error de señal
$r'' = 206265 \quad r^{cc} = 636620$	e_j: error de jalón

Nota: Para pasar una medida angular a lineal dividir por r . Para pasar de una medida lineal a angular multiplicar por r .
 $(400 \times 100 \times 100 / (2 \times \pi)) = 636620$ es el número de arcosegundo centesimales en un radian
 $(360 \times 60 \times 60 / (2 \times \pi)) = 206265$ arcosegundo sexagesimal en un radian

ERROR MÁXIMO ANGULAR DE LA LECTURA HORIZONTAL $e_{alh} = \sqrt{e_p^2 + e_v^2 + e_d^2 + e_j^2}$

Error de puntería $e_p = \frac{10''}{A} * 1 + \frac{4A}{100}$ (Se divide por raíz cuadrada de 2 si se aplica Bessel)

Error de verticalidad $e_v = \frac{S}{12}$

Error de dirección $e_d = \frac{e_e + e_s}{D} * r$

Error de lectura $e_j = a$ (Se divide por raíz cuadrada de 2 si se ha aplicado Bessel)

ERROR LONGITUDINAL (E_L _RADIACIÓN) INTERVIENEN LOS SIGUIENTES ERRORES:

Error estándar de la distancia se calcula a partir de las características del equipo $e_v = a + b * D$. El error estándar consta de un valor constante, a, y una parte proporcional a la distancia medida, y se dan como dato de la ET.

Error de estación (e_e) suele ser ≤ 2 mm (depende del operario)

Error de señal (e_s), si el prisma está sobre trípode = **2 mm**, si es sobre jalón = **1 cm**

Error de inclinación de jalón (e_j) $e_j = m * \frac{\text{sen}\beta}{\text{cos}\alpha}$

b ángulo de inclinación del jalón (1º con nivel esférico y 3º sin nivel esférico)

a ángulo de pendiente

m altura del prisma

Errores	Errores en ángulo horizontal	Errores en ángulo vertical
e_v : error de verticalidad	$e_v = \frac{S''}{12}$	$e_v = \frac{S''}{3}$
e_p : error de puntería	$e_p = \frac{10''}{A} + \frac{4A}{100}$	$e_p = \frac{20''}{A} + \frac{4A}{100}$
e_d : error de dirección	$e_d = \frac{e_e + e_s}{D} r$	No existe
e_l : error de lectura	$e_l: a$	$e_l: a$
E angular total	$e_{ang_horizontal} = \sqrt{e_v^2 + e_p^2 + e_d^2 + e_l^2}$	$e_{ang_vertical} = \sqrt{e_v^2 + e_p^2 + e_l^2}$

Donde: S'' es sensibilidad; A Aumentos; e_e error de estacionamiento; e_s error de señal; D la distancia entre el punto estación y visado; a apreciación de equipo.

EJERCICIO

Con la información revisada hasta el momento, realizar la siguiente tarea:

TAREA 5

Realiza una radiación de varios puntos, mínimo cuatro, desde una determinada base topográfica (indicada previamente por el profesor/a de práctica). En dicha toma de datos, se deberá emplear el método de Bessel y “vuelta de horizonte”.

5.1. Toma de datos (en exterior)

- Estacionar el equipo (ET), comprobando su correcto estacionamiento.
- Visar a una referencia, será indicada por el profesor/a de prácticas.
- **Tomar datos** angulares y de distancia de un mínimo de cuatro puntos. Por ejemplo la fachada de un edificio de Politécnica. Volver a visar a la referencia y comprobar el error de cierre angular.
- Calcula el error de cierre y verifica que dicho error está dentro de tolerancia antes de mover la ET del punto de estacionamiento. Estadillo de toma de datos en Anexos.

5.2. Cálculos y representación gráfica (en laboratorio)

- Promediar las lecturas horizontales, verticales y distancias.
- Compensar el error de cierre angular entre las lecturas angulares promediadas si dicho error es inferior es tolerable.
- **Calcular las coordenadas** de los puntos radiados.
- Se realizará una **representación gráfica**, a escala, de los datos observados donde se dibujarán: Punto de estacionamiento (E), puntos observados, las distancias reducidas entre E y los puntos observados, ángulos entre los puntos observados y punto E, línea origen 0 de las lecturas horizontales y finalmente se marcará la dirección Norte de los datos angulares (esta última de forma aproximada).
- Calcular el **error máximo de radiación** de los puntos observados.

LABORATORIO 5

COMPROBACIÓN DE UN NIVEL TOPOGRÁFICO

Objetivos. Tras cubrir esta sesión práctica, el alumno/a habrá adquirido habilidades específicas para poder realizar medidas de desniveles entre dos puntos con un nivel topográfico o equaltímetro. En concreto, se adquirirán habilidades para:

- Realizar lecturas a miras estadimétricas.
- Calcular el desnivel entre dos puntos por varios métodos simples de nivelación geométrica.
- Comprobar el estado de un nivel topográfico mediante comparación de un desnivel por varios métodos de nivelación geométrica simple.

INTRODUCCIÓN

En esta práctica se va a proceder a presentar otro instrumento topográfico muy empleado tanto en edificación como en construcciones civiles, el **nivel topográfico** o **equaltímetro** (figura 16). Lo primero a resaltar de este instrumento es su gran sencillez de manejo y su gran precisión en la medida de desniveles, o alturas, entre puntos.

Además de conocer un nivel topográfico y las miras estadimétricas, en esta práctica se va a realizar una nivelación geométrica sencilla, es decir de un solo tramo. El instrumental necesario para dicha nivelación geométrica requiere de nivel topográfico y uno o varias miras estadimétricas. La correcta colocación de dicha miras se realizará mediante el uso de nivelillos esféricos.

NIVEL TOPOGRÁFICO O EQUIALTÍMETRO

El nivel topográfico se compone de un eje óptico, eje de colimación, el cual al girar sobre el eje de rotación forma y materializa un plano horizontal de referencia. En el nivel topográfico no exige un estacionamiento en un punto, como hemos visto con la ET. Es decir, al estacionar un nivel topográfico no es necesario hacer coincidir su eje de rotación, el vertical del equipo, en ningún punto en concreto. Sencillamente el nivel topográfico está correctamente “estacionado” y listo para tomar medidas cuando el plano de horizontal que contiene al eje de colimación es, como indica su nombre, horizontal.

Al preparar un nivel topográfico previamente a realizar lecturas en miras y poder calcular los desniveles entre puntos, se deberá nivelar una burbuja esférica antes de empezar a medir, si el nivel topográfico es automático, y una burbuja esférica y otra de burbuja partida en cada línea de colimación si el nivel no es automático.

Los elementos de un nivel topográfico son (detallados en la figura 16):

- Base nivelante, es la parte que nos une el equipo al trípode.
- Tornillos nivelantes, nos permiten la nivelación correcta del equipo.
- Burbuja esférica, marcador circular con una burbuja de aire.
- Anteojo telescópico, el cual tiene movimiento en el plano horizontal.
- Tornillos de enfoque, permiten mejorar la nitidez de la observación.
- Retículo estadimétrico, para realizar la puntería al punto a medir.
- Cruz filiar, marca indicativa de dónde está el eje de colimación que contiene el plano horizontal de referencia para calcular los desniveles entre puntos.

Los ejes sobre los que se mueve un nivel topográfico son dos:

- Eje de rotación, el cual es perpendicular al plano del suelo y al plano de comparación que es referencia de nuestras lecturas a miras estadimétricas.
- Eje óptico o de colimación: es la línea que contiene nuestra visual al realizar la lectura a una mira estadimétrica.

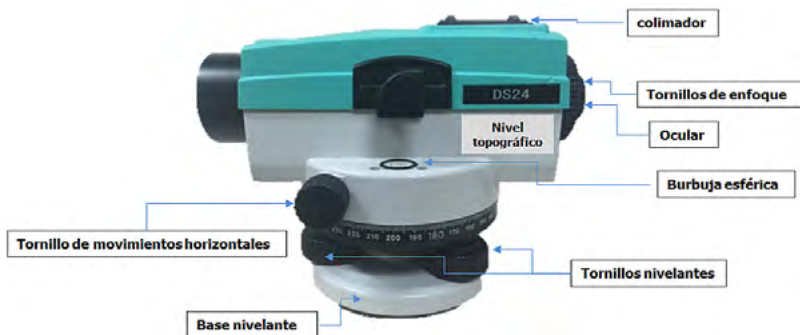


Figura 16. Elementos de un nivel topográfico. Nivel DS24 empleado en prácticas.

El nivel topográfico emplea un método muy básico para el cálculo de los desniveles, llamado nivelación geométrica. Existen múltiples métodos geométricos de nivelación. En esta práctica vamos a realizar el método de nivelación geométrica simple entre dos puntos. Para ello, se requieren de un nivel topográfico y una o varias miras estadimétricas.

MIRA ESTADIMÉTRICA

La mira estadimétrica, estadía, o sencillamente “mira”, es una regla graduada, o codificada, que junto con el nivel topográfico nos permitirá medir desniveles entre puntos (ver figura 17). Si queremos medir desniveles necesitamos la lectura del hilo central, pero si queremos también medir distancias o tener más control de nuestras lecturas a miras, se realizan también la lectura a los hilos superior e inferior de las marcas del retículo en las lecturas a cada punto (ver figura 18).



Figura 17. Ejemplo de mira estadimétrica, telescópica de cuatro tramos, de aluminio, con un lado graduado en décimas de milímetro, centímetro y doble milímetro.

Aunque existen niveles cuyas lecturas a miras se realizan de forma automática, en estos casos las miras son codificadas, es conveniente saber realizar lecturas a miras estadimétricas para comprender la simpleza del método de nivelación geométrica.

La lectura en miras estadimétricas es tan sencilla como anotar lo que marca el hilo central reticular de la mira estadimétrica, que será la distancia vertical o altura que hay desde el suelo en el punto donde está colocada la mira del plano de referencia horizontal.

Las lecturas en miras estadimétricas se basa en leer las medidas que marcan las líneas del retículo en la mira comprendiendo las divisiones que marcan la miran, cada tramo telescópico es de metro, cada metro se subdivide en 10 tramos de decímetro, cada tramo de decímetro en 10 tramos de centímetro, y cada centímetro en 5 tramos de doble milímetro. En la figura 18 se muestra un par de ejemplos de lecturas a miras estadimétricas con las anotaciones de los tres hilos: superior, central e inferior.

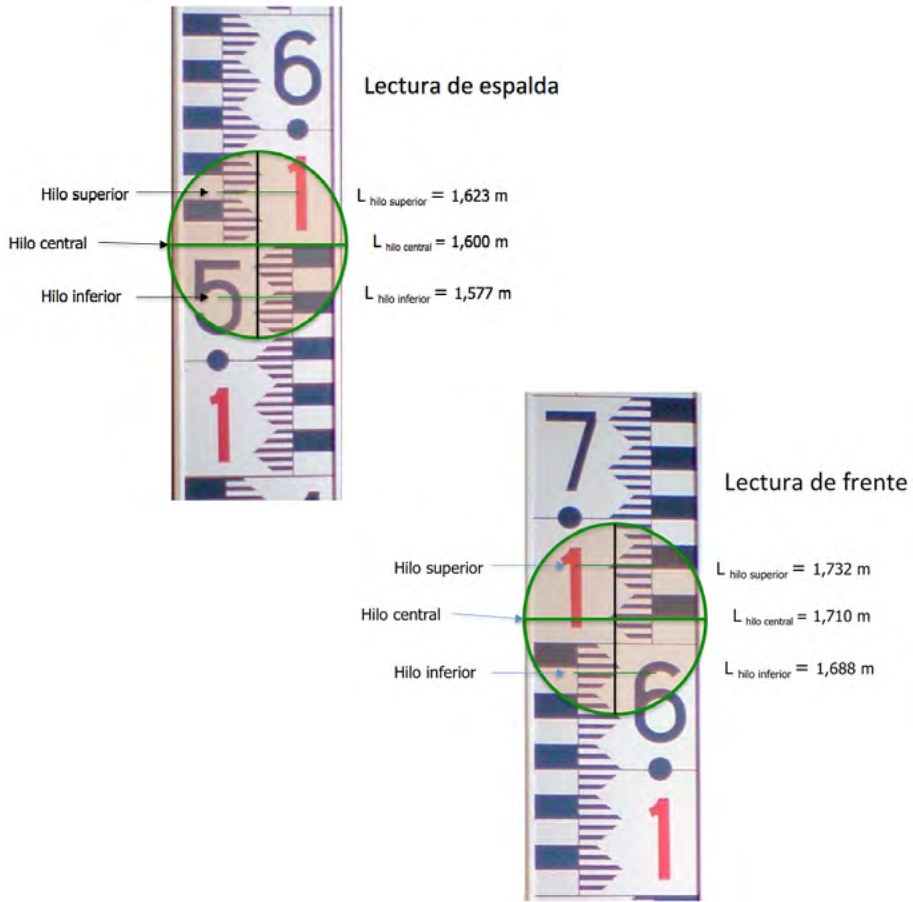


Figura 18. Ejemplos de lectura a una mira estadimétrica.

CÁLCULO DEL DESNIVEL

El cálculo de desnivel entre puntos es tan sencillo como la diferencia de lecturas entre los puntos nivelados. Por ejemplo, el desnivel entre el punto A y B, es la diferencia entre la lectura en mira del hilo central al punto A (L_{mcA}) y la lectura del hilo central al punto B (L_{mcB}). Es decir, la diferencia de la lectura de espalda menos la de frente.

$$\text{Desnivel A-B } (\Delta Z_A^B) = L_{mcA} - L_{mcB}$$

L_{mcA} Lectura en mira, hilo central, del punto A. **L_{mcB}** Lectura en mira, hilo central, del punto B.

Para que el desnivel esté bien calculado se debe de cumplir la correcta posición del instrumento de medición así como del material auxiliar. Es decir:

1. El nivel topográfico debe estar correctamente nivelado.
2. Las miras estadimétricas deben estar lo más verticales posible en el punto al que medimos, para ello existe material auxiliar como son los nivelillos esféricos.

El desnivel entre los puntos leídos como ejemplo en la figura 18 es -0,110 m (diferencia de la lectura del hilo central de espalda, 1.600 m, y la lectura de frente, 1.710 m).

COMPROBACIÓN DE UN NIVEL TOPOGRÁFICO

Para poder calcular el error del nivel topográfico se combinan dos métodos de nivelación geométrica simple: El método del punto medio y el método de punto extremo. Ambos métodos son simples por tener un único estacionamiento o nivelada.

MÉTODO DEL PUNTO MEDIO

Se sitúa el nivel topográfico en el medio, de forma aproximada, entre los dos puntos A y B, a nivelar. Una vez nivelado el nivel topográfico, se observan y leen las miras en cada punto. En el momento de la lectura, la mira debe de estar lo más verticales posible. El desnivel calculado con este método se considera libre de errores sistemáticos, pues al estar el nivel en el centro del tramo los errores se compensan.

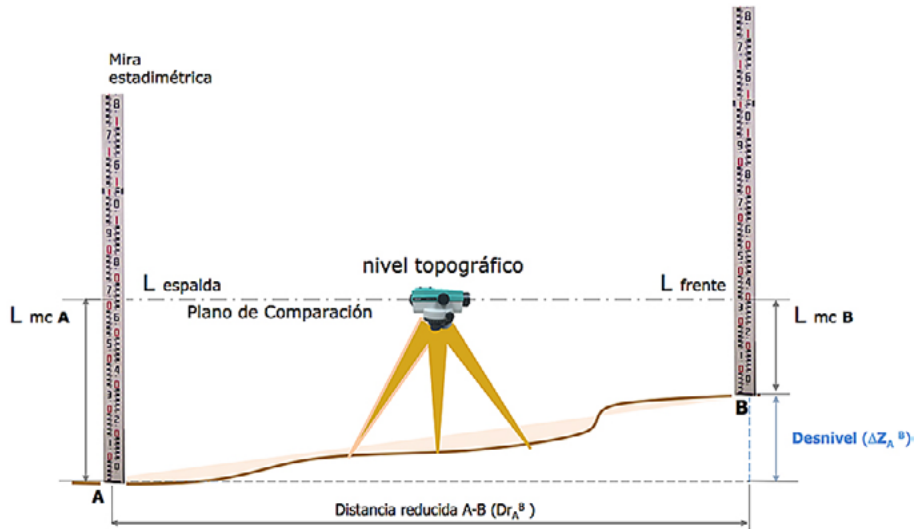


Figura 19. Nivelación geométrica simple por el método del punto medio.

COMPROBACIÓN DE UN NIVEL TOPOGRÁFICO

MÉTODO DE ESTACIONES EQUIDISTANTES

En este caso, en vez de central, se sitúa el equipo próximo a uno de los puntos entre los que se quiere determinar su desnivel, (A) o (B), y se realizan las observaciones a las miras situadas en estos puntos y poder calcular el desnivel entre estos puntos.

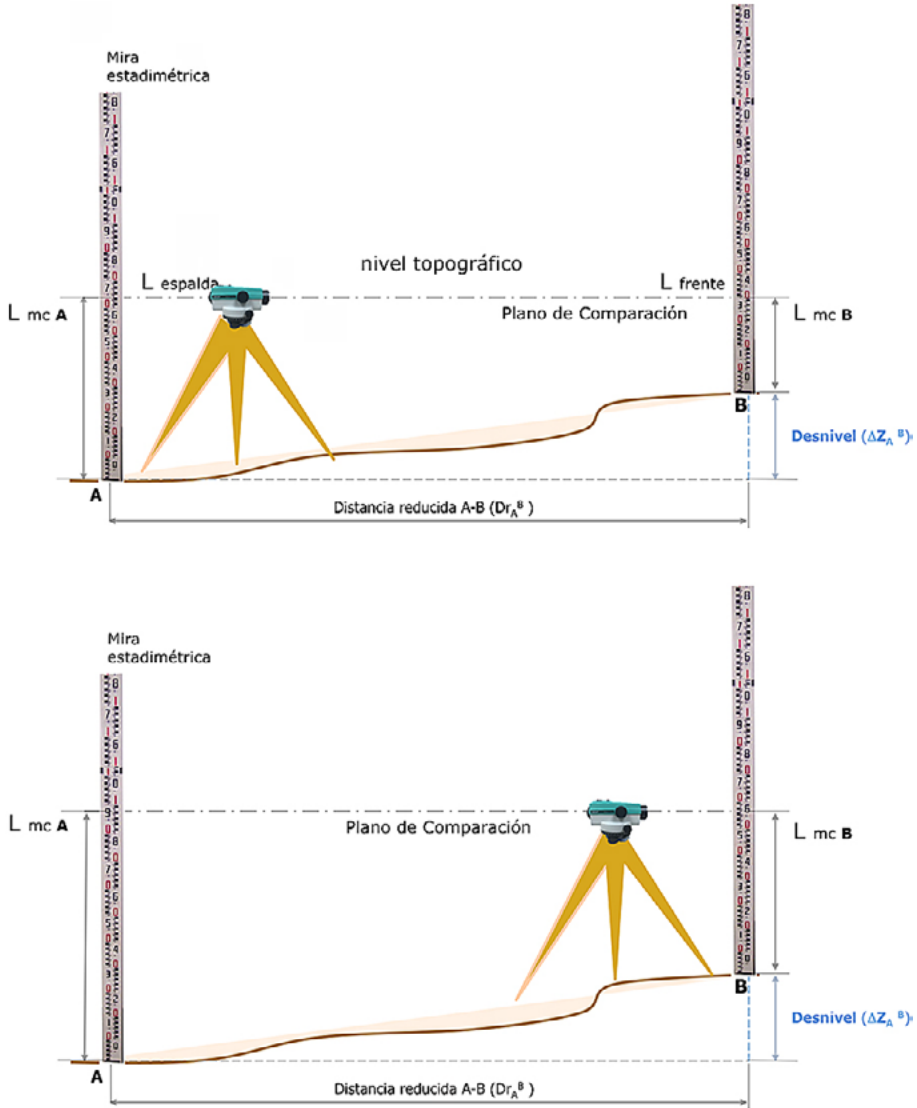


Figura 20. Nivelación geométrica simple por el método de puntos equidistante.

El primer caso, método del punto medio, mide el desnivel entre dos puntos compensando el error del nivel topográfico en el supuesto que estuviera descorregido (figura 19). Mientras que la segunda opción, método de estaciones equidistantes, se calcula el desnivel entre los mismos dos puntos, pero con un método que no compensa el error del nivel en caso que este estuviera descorregido (figura 20).

Si el desnivel calculado por estos dos métodos es coincidente, entonces se puede considerar que el nivel topográfico a revisar está correcto.

Queda analizar cuál es el error máximo del nivel topográfico en un tramo de nivelación geométrica simple, y cuál es la máxima diferencia que puede tener el desnivel entre puntos por los diferentes métodos geométricos presentados.

El error absoluto del desnivel medido es la diferencia de los desniveles calculados por ambos métodos. El error relativo es el error anterior pero teniendo en cuenta la distancia del tramo de nivelada, es decir la distancia entre los dos puntos nivelados y sobre los que hemos posicionado las miras estadimétricas. Abajo se indican las fórmulas para calcular estos errores.

Error absoluto	$e_{ABSOLUTO} = Z_A^B - Z_A^A $
Error relativo	$e_{RELATIVO} = \frac{e_{ABSOLUTO}}{D_{r_A^B}}$

La **exactitud y precisión de una nivelación geométrica** va a depender de varios factores:

- Las características del nivel empleado (**A**, aumentos; **S**, sensibilidad).
- Tipo de mira estadimétrica: centimétrica o de doble milímetro.
- Longitud del tramo nivelado.
- La metodología de nivelación empleada.

En la práctica realizada de un simple tramo entre 40-50 m, tanto la exactitud como la precisión del desnivel medido será de ± 1 a 2 mm.

CONCLUSIONES

Una forma de **verificar el estado de un nivel topográfico** o equaltímetro es mediante la medición del desnivel entre dos puntos, A y B, por diferentes métodos de nivelación geométrica simple. La comparación de los resultados con el método más correcto, método del punto medio, nos da información sobre el estado del nivel topográfico.

EJERCICIO

Con la información revisada, realizar la siguiente tarea:

TAREAS 6

6.1. Calcular el desnivel entre dos puntos, A y B, previamente señalizados, midiendo la distancia entre ellos de forma aproximada (pasos, cinta métrica...). La distancia entre los puntos seleccionados, A y B, debe ser aproximadamente de **40 metros**.

El **desnivel ΔZ_{A_B}** se realizará por los dos métodos revisados en la introducción de la presente práctica:

- Método del punto medio.
- Método de estaciones del punto extremo.

6.2. Calcular el **error a priori del nivel** empleado en prácticas. Para ello necesita las características del equipo, Sensibilidad (S) y Aumentos (A).

6.3. A partir de los resultados obtenidos en la Tarea 6.1 responde las siguientes preguntas y razonar la respuesta:

1. ¿Qué diferencia hay en la medida del desnivel entre A y B realizada entre los diferentes métodos?
2. ¿Es tolerable dicha diferencia? Razona tu respuesta.

LABORATORIO 6

REPLANTEO DE UNA ZAPATA

Objetivos. Tras cubrir esta sesión práctica, el alumno/a es capaz de realizar un replanteo topográfico.

El estudiante adquirirá habilidades para utilizar una ET y el material de replanteo necesario para materializar una serie de puntos de coordenadas conocidas sobre el terreno. Para ello, sabrá seleccionar la base topográfica desde la cual va realizar el replanteo, así como realizar los cálculos previos necesarios para el replanteo por coordenadas polares.

CONCEPTO DE REPLANTEO

El replanteo es una de las operaciones más solicitadas y realizadas en obras de edificación y de obra civil. El concepto de replanteo es materializar en el terreno una serie de puntos “claves” para posteriormente realizar la ejecución correcta de una obra. En otras palabras, el replanteo es la acción inversa a un levantamiento topográfico.

Una tarea de replanteo se fundamenta en situar unos puntos, calculados previamente en gabinete, sobre el terreno. Esta acción puede realizarse planimétrica (X, Y), altimétrica (Z) o tridimensional (X, Y, Z).

Los puntos replanteados son los que van a materializar el proyecto en el terreno. La materialización más común de los puntos replanteados es mediante estacas de madera, clavos, varillas de ferralla y/o marcas de pintura. En esta práctica se realizarán mediante tiza, ya que no

REPLANTEO DE UNA ZAPATA

se va a realizar *a posteriori* ninguna ejecución de obra, es simplemente una tarea de simulación y queremos la conservación correcta de nuestra zona de trabajo, en nuestro caso la Escuela Politécnica de Cáceres.

En la **construcción de edificios** es muy común el empleo de **camillas**, las cuales están compuestas por una tabla horizontal apoyada sobre dos estacas clavadas en el suelo. A lo largo de la tabla horizontal se replantea mediante clavos los ejes de los pilares de la edificación y uniendo los distintos clavos, se obtienen los ejes de la obra.

Hay que tener en cuenta que los encargados de obras suelen ser unos especialistas en este tipo de trabajos de replanteo y cuando exigen o piden un replanteo topográfico será considerado como ejes de referencia para sucesivos replanteos más expeditos dependiendo de la fase de la obra.

Existen muchos tipos de replanteos, en esta práctica se va a desarrollar el más empleado en obra tanto civil y edificación, que es el método por coordenadas polares.

MÉTODO DE REPLANTEO POR COORDENADAS POLARES

Uno de los métodos de replanteo más empleado en topografía es por polares. Se basa en estacionar una estación total en un punto de coordenadas conocidas (base topográfica o de replanteo) y orientar el equipo con otra base o punto de coordenadas conocidas para poder disponer de acimutes (y no lecturas) en campo. Seguidamente se replantea cada punto del proyecto. Los valores que se necesitan entre la base de replanteo y los puntos a replantear son: acimut de replanteo y distancia reducida, previamente calculados.

MATERIAL NECESARIO

- Estación total.
- Trípode.
- Material para marcar los puntos a replantear.
- Cinta métrica para comprobar el replanteo con medidas directas.

CÁLCULOS PREVIOS AL REPLANTEO

El cálculo de los datos necesarios para realizar el replanteo en campo por polares (acimut y distancia reducida) a partir una base de replanteo BR_{E1} de una serie de puntos a replantear ($P1, P2, P3\dots$) se realiza empleando las ecuaciones indicadas abajo. Las coordenadas polares, distancia reducida y acimut, serán las empleadas para el replanteo desde la base la cual se va a realizar dicha tarea.

1. Cálculo de los incrementos de coordenadas planimétricas entre la estación BR_{E1} y el punto a replantear $P1$:

$$X_{BRE1}^{P1} = X_{P1} - X_{BRE1}$$

$$Y_{BRE1}^{P1} = Y_{P1} - Y_{BRE1}$$

2. Cálculo de la distancia reducida:

$$D_{BRE1}^{P1} = \sqrt{X_{BRE1}^{P1\ 2} + Y_{BRE1}^{P1\ 2}}$$

3. Cálculo del ángulo σ y del **acimut** θ_{BRE1}^{P1} (en función del cuadrante en el que se encuentre). Para conocer en qué cuadrante se encuentra el punto a replantear, hay que considerar el signo de los incrementos en X e Y.

	Cuadrante	Valor angular	Azimut (θ_{E1}^P)
$\sigma = \tan^{-1} \left \frac{X_{BRE1}^{P1}}{Y_{BRE1}^{P1}} \right $	1º	0º – 100º	$\theta = \sigma$
	2º	100º – 200º	$\theta = 200º - \sigma$
	3º	200º – 300º	$\theta = \sigma + 200º$
	4º	300º – 400º	$\theta = 400º - \sigma$

REPLANTEO PLANIMÉTRICO

Una vez calculados estos datos previos, se puede proceder a replantear los puntos calculados:

1. Tras estacionar la ET, se orienta el equipo con un punto de coordenadas conocidas (otra base topográfica o de replanteo). En este caso, se estaciona en la base de replanteo **BR1** y se orienta con la base de replanteo **BR2**.
2. Orientamos la ET visando a otra base replanteo de acimut conocido, e introduciendo dicho acimut en la visual correspondiente (con F3 en el modo B del teclado de la ET) haciendo coincidir el cero del equipo con la dirección del Norte Geográfico. Es decir, la ET está orientada.
3. Se posiciona en el equipo el acimut que previamente hemos calculado para el replanteo del punto **P1**.
4. Mediante signos de manos y apuntando en dicha dirección, se le indica al porta-prismas para que se sitúe en la alineación del punto a replantear: **“derecha o izquierda”**.
5. Se mide la distancia reducida al prisma y se le indica al porta-prisma si se tiene que **“acercar o alejar”** de la estación para alcanzar la distancia exacta al punto de replanteo.

REPLANTEO DE UNA ZAPATA

- Una vez que dicha distancia coincide, se le indica señalar o marcar como corresponda.
- Se realizan las mismas operaciones, desde el punto 3 al 6, para el replanteo de los demás puntos.
- Una vez replanteados todos los puntos se deberá comprobar con cinta las medidas relativas de los puntos replanteados.

REPLANTEO ALTIMÉTRICO

Si además del replanteo planimétrico queremos replantear alturas, se toman los datos para obtener la cota de los puntos medidos y marcados sobre el terreno:

- Altura del equipo “*i*”.
- Altura del prisma “*m*”.
- Distancia reducida “*Dr*”.
- Lectura Vertical “*Lv*”.

La diferencia entre la cota del terreno y la cota a replantear es la altura a excavar o rellenar para alcanzar la cota de proyecto, y a señalar, por ejemplo *Z* hormigón de la zapata de replanteo.

$$\left. \begin{array}{l} t = \frac{Dr}{\tan(Lv)} \\ Z_{BRE1}^{P1} = t + i - m \end{array} \right\} Z_{P1} = Z_{BRE1} + Z_{BRE1}^{P1} \rightarrow \begin{array}{l} \text{Rellenar (+)} \\ \text{Excavar (-)} \end{array} \parallel Z_{\text{replanteo}} - Z_{P1}$$

COMPROBACIÓN DEL REPLANTEO

Una vez marcados los puntos de replanteo es aconsejable comprobar de forma relativa e *in situ* que los puntos replanteados tienen las medidas correspondientes entre ellos y sus diagonales. No se deben admitir errores mayores a varios centímetros.

EJERCICIO

Con la información revisada hasta el momento realizar la siguiente tarea:

TAREA 7

El objeto de esta práctica es la realización de un replanteo topográfico de una zapata con precisiones centimétricas. Los pasos a seguir son los siguientes:

- 7.1. Calcular los datos previos para el replanteo de una zapata de cuatro puntos.
- 7.2. Realizar en campo el **replanteo por polares** explicado anteriormente, mediante la señalización no permanente de los cuatro puntos.
- 7.3. Realizar la verificación del replanteo así como varias fotografías del mismo.

En esta tarea se presentarán los siguientes documentos:

- Estadillo de cálculos previos del replanteo.
- Estadillos de los datos de replanteo.
- La verificación con medidas de distancia con cinta y fotografías del replanteo final.

En el anexo 1 se presentan los estadillos diseñados para realizar esta práctica. Dichos estadillos están disponibles en formato digital en el campus virtual de la asignatura

En la figura 20 se muestra un ejemplo del replanteo de una zapata realizada desde una de las bases topográficas del campus de Politécnica.



Figura 20. Ejemplos de replanteo de zapatas. Método de replanteo por coordenadas polares con una estación total.

LABORATORIO 7

POLIGONAL O ITINERARIO

Objetivos. Tras cubrir esta sesión práctica, el alumno/a será capaz de realizar poligonales y dar coordenadas a nuevas bases topográficas. En concreto, se adquirirán habilidades para:

- Diseñar una poligonal topográfica.
- Toma de datos entre bases o puntos topográficos de una poligonal.
- Calcular el error *a priori* de una poligonal, según instrumento y métodos empleados.
- Calcular el error *a posteriori* de una poligonal, partiendo de los datos de observación obtenidos.
- Calcular las coordenadas finales compensadas, tanto planimétrica como altimétrica, de los puntos que forman la poligonal.

CONCEPTO DE POLIGONAL TOPOGRÁFICA

Una poligonal, o itinerario, es una sucesión encadenada de líneas conectadas entre sí mediante bases topográficas, cuyo objetivo es obtener sus coordenadas con una determinada exactitud. Estas coordenadas serán solo planimétricas (X, Y), si las medidas obtenidas en campo son lecturas angulares horizontales (Lh) y distancias reducidas (Dr).

En una poligonal observada mediante una ET también se puede obtener medidas altimétricas o desniveles (ΔZ), si además se obtienen datos como las lecturas angulares verticales (Lv), altura de estacionamiento de la ET (i) y altura del prisma (m) si se empleara este.

POLIGONAL O ITINERARIO

Generalmente las poligonales en topografía son tridimensionales (X, Y, Z), ya que una vez estacionados en cada una de las bases topográficas que forman la poligonal, hay poca diferencia de trabajo entre tomar todos los datos o solo unos pocos.

El método de poligonal es un método topográfico muy empleado en mediciones topográficas, desde obras civiles, arqueología, minería y, por supuesto, en el seguimiento y control de edificaciones.

TIPOS DE POLIGONALES

Existen diferentes tipos de poligonales (figura 21):

- Poligonal cerrada: La poligonal empieza y termina en la misma base topográfica.
- Poligonal abierta: La poligonal empieza en una base y termina en otra diferente pero con coordenadas conocidas respecto a la base de inicio.

En el proceso de realizar una poligonal hay una primera fase que es el diseño de la misma donde se deciden los puntos que la forman. En este paso hay que tener en cuenta el objetivo de las bases que formarán la poligonal y en función de esto se seleccionan los puntos. Concretamente en el caso de la poligonal de esta práctica, el objetivo será el levantamiento de un edificio de Politécnica.

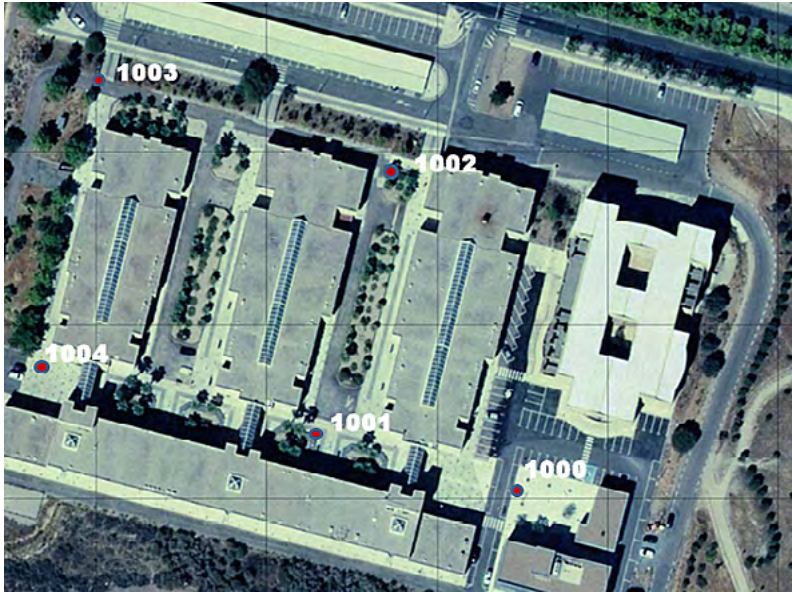


Figura 21. Tipos de poligonales: Cerrada (poligonal izquierda) y abierta (poligonal derecha).

En esta práctica se realizará una poligonal por el **método de Moinot** siguiendo las siguientes fases:

- a) Elección de puntos que forman la poligonal, diseño.
- b) Toma de datos entre puntos o bases topográficas, BT.
- c) Cálculo y compensación de los datos medidos (planimétricos y altimétricos).
- d) Representación gráfica y comprobación de errores.

El diseño y toma de datos será realizado a partir de **una de las bases topográficas** ya existentes en Politécnica (ver figuras 22 y 23) junto con las indicaciones del profesor/a de prácticas.



BT	X	Y	Z
	(m)	(m)	(m)
1000	728624,380	4373254,473	423,78
1001	728564,210	4373269,808	423,69
1002	728586,324	4373345,718	423,48
1003	728501,416	4373371,331	423,24
1004	728483,163	4373285,693	423,71

Figura 22. Croquis de situación de las cinco bases topográficas de Politécnica (fuente: Aurora Cuartero y Manuel Guerrero, toma de datos con GPS en mayo de 2014). En el anexo 3 se incluyen las reseñas de estas bases topográficas.

Una vez realizado el diseño, se realizará la toma de datos estacionando en cada una de las bases y observando a las bases topográficas continuas, es decir, la anterior y posterior.

Los datos observados, también llamados observables, serán tanto para obtener coordenadas planimétricas (ΔX e ΔY), con los datos lectura horizontal (Lh) y distancia reducida (Dr). La coordenada altimétrica (ΔZ) se calcula con lectura vertical (Lv), altura de la estación (i) y altura del prisma (m).

La última fase de la poligonal es realizar los cálculos como se resumen en los siguientes puntos, así como su representación gráfica a escala.

CÁLCULO PLANIMÉTRICO

La secuencia de operaciones a realizar en el cálculo de una poligonal es la siguiente:

1. Cálculo de azimutes (θ): Para el cálculo de azimutes se calcula la desorientación (\mathcal{E}) entre las visuales.
2. Cálculo del error de cierre angular y tolerancia de cierre:
En caso que el error de cierre está dentro de tolerancia se compensa proporcionalmente.

$$T_{angular} \leq e_{ang} \sqrt{2} \sqrt{n}$$

e_{Lhang} el error máximo angular, n n° de estaciones;
 $\sqrt{2}$ en caso de aplicar Bessel

3. Cálculo de longitudes medias de las líneas de poligonal:

El error máximo en distancia (e_D) es el error cuadrático de los siguientes errores:

$$e_D = \text{Error máximo de la distancia } (e_D) \sqrt{e_d^2 + e_e^2 + e_s^2 + e_j^2}$$

Error de distancias (e_d) de estaciones totales viene dado como: $a \text{ mm} \pm b \text{ ppm}$

Error de estación (e_e) suele ser $\leq 2 \text{ mm}$

Error de señal (e_s), si el prisma está sobre trípode = 2 mm, si es sobre jalón = 1 cm

Error de inclinación de jalón (e_j) $e_j = m \frac{\text{sen} \beta}{\text{cos} \alpha}$

β ángulo de inclinación del jalón (1º con nivel esférico y 3º sin nivel esférico)

α ángulo de pendiente

m altura del prisma

Realizar las medias de longitud si sus diferencias comprobando que sus diferencias están dentro de tolerancia.

$$T_D \leq e_D \sqrt{2}$$

4. Cálculo de coordenadas:

Al igual que en la práctica de laboratorio 4, el cálculo de coordenadas es el paso de coordenadas polares (azimut y distancia reducida) a rectangulares.

Las coordenadas parciales entre bases parciales, A y B, B y C, ... son:

$$\begin{aligned} \Delta X_{AB} &= Dr_A^B \operatorname{sen} \theta_A^B & \Delta Y_{AB} &= Dr_A^B \operatorname{cos} \theta_A^B \\ \Delta X_{BC} &= Dr_B^C \operatorname{sen} \theta_B^C & \Delta Y_{BC} &= Dr_B^C \operatorname{cos} \theta_B^C \\ &\dots & & \end{aligned}$$

Las coordenadas absolutas de cada base o punto topográfico se obtienen sumando las coordenadas parciales a la base de coordenadas conocidas:

$$\begin{aligned} X_B &= X_A + X_A^B & Y_B &= Y_A + Y_A^B \\ X_C &= X_B + X_B^C & Y_C &= Y_B + Y_B^C \\ &\dots & & \end{aligned}$$

5. Cálculo de los errores en X e Y (e_x, e_y):

Si la poligonal es cerrada el cálculo de error en X e Y es sencillo.

Si la poligonal es abierta, deberemos de conocer las coordenadas del punto de partida (A) y del punto de llegada final (F) de la poligonal.

$$\begin{aligned} e_x &\leq X_F - X_{F\text{dato}} \\ e_y &\leq Y_F - Y_{F\text{dato}} \end{aligned}$$

Comprobar si los errores e_x y e_y son tolerables en el siguiente paso.

6. Cálculo de tolerancia en errores de coordenadas planimétricas:

Una poligonal tiene un error planimétrico dentro de tolerancia si la componente cuadrática de los errores x e y (e_x, e_y) de cierre es menor o igual al tolerancia o error máximo (error transversal o longitudinal) los cuales se calculan con las fórmulas presentadas a continuación.

$e_{T\text{poligonal}} = \frac{L}{n} \frac{e_{a\text{th}}}{r} \sqrt{2} \sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{6}}$	$e_{L\text{-poligonal}} = \frac{e_D}{\sqrt{2}} \sqrt{n}$
<p>L: es la longitud total del itinerario</p> <p>n: el número de tramos del mismo</p> <p>e_a: error máximo angular ($r'' = 206265 \quad r^{cc} = 636620$)</p>	<p>e_D: error máximo de la distancia</p> <p>$e_D = e_{\text{radiación}}$</p> <p>n: el número de tramos del mismo</p>

POLIGONAL O ITINERARIO

Siendo e_D el error máximo de la distancia

$$e_D = \text{Error máximo de la distancia } (e_D) \sqrt{e_d^2 + e_e^2 + e_s^2 + e_j^2}$$

Error de distancias de estaciones totales viene dado como: $a \text{ mm} \pm b \text{ ppm}$

Error de estación (e_e) suele ser $\leq 2 \text{ mm}$

Error de señal (e_s), si el prisma está sobre trípode = 2 mm, si es sobre jalón = 1 cm

$$\text{Error de inclinación de jalón } (e_j) \quad e_j = m \frac{\text{sen} \beta}{\text{cos} \alpha}$$

b ángulo de inclinación del jalón (1º con nivel esférico y 3º sin nivel esférico)

a ángulo de pendiente

m altura del prisma

$$\text{Tolerancia del cierre acimutal} \quad T_a \leq e_{alH} \sqrt{2} \sqrt{n}$$

e_{alH} error máximo angular de lecturas horizontales
n número de tramos

$$\text{Tolerancia en distancias} \quad T_D \leq e_D \sqrt{2}$$

e_D error máximo distancia

El error de cierre de una poligonal no debe de superar el error máximo.

$$E_{\text{cierrepoligonal}} = \sqrt{e_x^2 + e_y^2} \leq \text{Error total máximo } (e_T \text{ o } e_L)$$

7. Compensación del error de cierre:

En caso que el error de cierre planimétrico de una poligonal esté dentro de tolerancia al error máximo planimétrico, se debe realizar la compensación proporcional a las distancias o proporcional a las coordenadas parciales.

CÁLCULO ALTIMÉTRICO

En el caso de la altimetría, por el método de trigonometría, las operaciones son las siguientes:

1. Cálculo de incrementos de Z

El cálculo de desnivel entre dos puntos con una ET es conocido como nivelación trigonométrica. En este método se calcula el desnivel entre el punto de estación, E, y el punto observado, P, a partir de la siguiente fórmula:

$\Delta Z_{\epsilon}^p = t + i_{\epsilon} - m_p$	$t = Dr / \text{tang } L_v$ $i_{\epsilon} = \text{altura de ET}$ $m_p = \text{altura del prisma}$
--	---

2. Cálculo de error altimétrico:

El cálculo del error en cada tramo es comprobado al tener el desnivel medido dos veces, por ejemplo de ΔZ_{BT1}^{BT2} y de ΔZ_{BT2}^{BT1} , donde serán valores similares pero de signo contrario. El error de cierre altimétrico en una poligonal cerrada debería ser próximo a cero. En el caso de una poligonal abierta, la diferencia entre las coordenadas Z entre las bases de salida y llegada.

3. Cálculo de la tolerancia de error altimétrica:

La tolerancia del error en Z es el error kilométrico por la raíz cuadrada de la distancia media en kilómetros.

$$T_Z = \text{error a priori} = e_{\text{maximo } Z} = e_K \sqrt{K}$$

Donde:

$$e_K = e_z \sqrt{n}$$

e_K es el error kilométrico

n el número de niveladas por km

K el número de kilómetros de la poligonal

$$e_z = \text{Error máximo desnivel} = \sqrt{e_t^2 + e_{\epsilon}^2 + e_m^2}$$

(e_t) error del termino trigonométrico "t" (ver cálculo en siguiente página)

(e_{ϵ}) error de altura del estacionamiento, suele ser $\leq 0,01$ m

(e_m) error del prisma

* En estaciones recíprocas $e_z \times \sqrt{2}$

POLIGONAL O ITINERARIO

Para más detalle las fórmulas de cálculo de cada uno de estos errores son las siguientes:

Error de estación (e_t)	$e_t \leq 5 \text{ mm}$
Error en t (e_t)	$e_t = \frac{Dr + e_D}{Tg(Lv + e\alpha_{Lv})} - \frac{Dr}{TgLv}$ <p>Dr, en caso de un itinerario se hace la media de las distancias medidas</p> <p>$e_D = (e_e + e_s) + (e_d)$</p> <p>error estándar de la distancia: $(a \text{ mm} + b \text{ ppm})$</p> <p>error de estación: e_e entre 5 mm y 1 cm</p> <p>error de señal: e_s menor 2 mm</p> <p>Error angular en lecturas verticales (e_{aLv})</p> $e_{aLv} = \sqrt{e_v^2 + e_p^2 + e_l^2}$ <p>Error de verticalidad $e_v = \frac{s}{3}$</p> <p>Error de puntería $e_p = \frac{50''}{A} \left(1 + \frac{4A}{100}\right)$</p> <p>Error de lectura $e_l = \alpha$</p> <p>(El e_p y e_l se dividen por raíz cuadrada de 2 si se ha aplicado Bessel)</p>
Error en m (e_m)	$e_m = \sqrt{e_m'^2 + e_m''^2}$ $e_m' = m(1 - \cos \beta)$ <p>e_m'' valor experimental de 1 a 2 cm en distancias de 100 a 500 m, y alcanza valores de hasta 4 cm cuando se hace necesario situar 3 o más prismas en distancias de 2 km.</p>

* En el caso de poligonales con estaciones recíprocas, como es el caso de esta tarea, el error máximo del desnivel se divide por la raíz cuadrada de dos.

4. Compensación del error altimétrico:

En caso que el error de cierre altimétrico de una poligonal esté dentro de tolerancia al error máximo altimétrico, se debe realizar la compensación proporcional o las distancias o a los desniveles.

En la figura 23 se muestran las placas con las coordenadas obtenidas por métodos de GNSS cuyos errores de cierre son inferiores al medio centímetro.

Cada poligonal desarrollada en esta práctica deberá apoyarse en las coordenadas de una o dos de dichas bases topográficas.



Figura 23. Imagen de situación de las placas Bases Topográficas de la Escuela Politécnica. (fuente: Aurora Cuarteo y Manuel Guerrero. Toma de datos realizada con GNSS en la 40th Semana Cultural de Politécnica, mayo de 2014. Imagen de fondo obtenida en Google Map). En el anexo 3 se incluyen las reseñas de estas bases topográficas.

EJERCICIO

Con la información revisada hasta el momento realizar la siguiente tarea:

TAREA 8

Tras revisar brevemente el concepto de poligonal, la práctica propuesta es realizar **una poligonal cerrada** en la zona de **Politécnica**. El objetivo de dicha poligonal será obtener datos de uno de los edificios de Politécnica (el indicado por el profesor/a de prácticas).

En esta práctica se distinguen dos fases muy diferenciadas:

8.1. Toma de datos

- Seleccionar y reseñar las bases topográficas (BT) de la poligonal.
- Estacionar la ET en cada BT y tomar los datos necesarios de la poligonal.
- Tomar datos angulares empleando Bessel y de distancia reducida entra la BT estación y las bases anterior y posterior.
- Se recomienda realizar lecturas angulares horizontales a una referencia en cada estacionamiento.

8.2. Cálculo y representación

- Promediar las lecturas horizontales, verticales y distancias.
- Calcular el error de cierre de la poligonal y verifica que dicho error está dentro de tolerancia.
- Compensar el error de cierre entre las lecturas angulares promediadas si están dentro del valor de tolerancia.
- Se realizará una representación gráfica, a escala, de los datos observados donde se dibujarán:
 - Puntos de estacionamiento (E) y observados.
 - Acotación de los datos promediados: ángulos, distancias reducidas, y desorientación de cada vértice de estación.
 - Coordenadas finales de las BT.

En esta tarea se presentarán los siguientes documentos:

- Croquis y reseña de los vértices que forman la poligonal.
- Estadillos de toma de datos.
- Cálculo del error máximo tolerable de la poligonal (planimétrico y altimétrico).
- Estadillos de cálculo y error de cierre de la poligonal realizada.
- Plano acotado de la poligonal observada, calculada y compensada.

En el anexo 1 se presentan las tablas diseñadas para realizar esta práctica. Dichos estadillos están disponibles en formato digital en el campus virtual de la asignatura.

LABORATORIO 8

INTERSECCIONES

Objetivos. Tras cubrir esta sesión práctica, el alumno/a es capaz de realizar una intersección directa múltiple. En concreto el estudiante desarrollará habilidades para utilizar la ET para observar y calcular coordenadas planimétricas a puntos inaccesibles desde varias bases de coordenadas conocidas y obtener mejor exactitud que por radiación simple.

CONCEPTO DE INTERSECCIÓN

El método de intersección es otro método topográfico empleado para obtener coordenadas desde varios puntos (métodos de intersección directo), o para obtener las coordenadas de nuestro punto de estación visando a puntos de coordenadas conocidas (método de intersección inverso). Es recomendable que las intersecciones sean múltiples por dos motivos: 1) tener comprobación de los datos y 2) obtener más precisión por tener redundancia de medidas y poder promediarlas.

En edificación es muy recomendable controlar y conocer este método porque las medidas de seguimientos en obra se deberán realizar con precisiones superiores a una simple radiación.

TIPOS DE INTERSECCIONES

De forma breve se pueden diferenciar los siguientes tipos de métodos de intersección:

- Intersección **directa**: Los puntos de estación tienen coordenadas conocidas y los puntos visados son las coordenadas que queremos calcular.

INTERSECCIONES

- Intersección **inversa**: El punto de estación son las coordenadas que queremos calcular y los puntos visados son de coordenadas conocidas.
- Intersección **mixta**: Tanto los puntos de estación como los visados pueden ser de coordenadas conocidas o desconocidas.

Dependiendo de las medidas observadas se distinguen los siguientes tipos de intersecciones:

- Intersección angular: solo se realizan medias angulares.
- Intersección angular y con distancias: se realizan medias de ángulos y distancia.

Cuando no tenemos redundancia de observaciones para calcular las coordenadas de un punto desde diferentes intersecciones, entonces se llaman intersección **simple**. Cuando existe dicha redundancia se consideran intersección múltiple, donde el resultado de las coordenadas son promediadas si las diferencias entre ellas son tolerables.

El objetivo de esta práctica es aplicar el método de **intersección directa múltiple** para calcular la altura de uno de los edificios de politécnica.

Realizara una intersección a dos puntos distinguiendo las siguientes fases:

- a) Elección de las bases topográficas de toma de datos y puntos de intersección.
- b) La toma de datos se realizará desde varias BT, si es posible tres.
- c) Cálculo del error máximo de la intersección.
- d) Cálculos y compensación de los datos medidos (planimétricos y altimétricos).

Al igual que la práctica anterior las bases topográficas de toma de datos deben ser mínimo una de las **bases topográficas** ya existentes en Politécnica (ver figuras 22 y 23) junto con las indicaciones del profesor/a de prácticas y los estadillos de toma de datos.

TOMA DE DATOS

La realización de la toma de datos desde cada punto de estación (BT1, BT2, y BT3) consiste en tomar los siguientes datos a los puntos a medir y a los cuales queremos conocer su posición tanto planimétrica como altimétrica.

- Lectura horizontal (Lh) o azimutes a los puntos a medir.
- Lectura horizontal (Lh) o azimut a las otras bases topográficas de la intersección.
- Lectura vertical (Lv), altura de la ET (i) y altura del prisma (m). Cuando se miden las distancias sin prisma, es evidente que el valor de m es cero.

Recordar que los ángulos horizontales (Lh) nos permitirán obtener las coordenadas planimétricas de los puntos observados y las lecturas verticales, alturas (de equipo y prisma) nos permiten obtener los desniveles entre la estación y el punto observado.



Figura 21. Intersección directa múltiple. Escuela Politécnica de Cáceres.



Estación 1



Estación 2



Estación 2



Estación 3

Figura 22. Toma de datos en una intersección directa múltiple.

CÁLCULO PLANIMÉTRICO

El cálculo planimétrico de los puntos observados (v_1 y v_2) es sencilla de realizar.

La diferencia de lecturas horizontales nos permite calcular los dos ángulos del triángulo que forma la intersección (α y β). El ángulo de la intersección al punto observado (V) se calcula restando 200° a la suma de los otros dos ángulos.

Por trigonometría, concretamente con el teorema de los senos, se calcula la distancia del punto estación al punto observado.

Con el azimut y la distancia desde cada punto de estación se calculan las coordenadas planimétricas de V , las cuales habrán sido obtenidas desde tres estaciones diferentes.

CÁLCULO ALTIMÉTRICO

El cálculo de coordenada Z es por el método de nivelación trigonométrica. Tendremos tantas medidas de dicha coordenada como observaciones se realicen. Por ejemplo con una radiación se obtiene la medida de Z una vez. Si se realiza una intersección directa simple se obtiene la Z dos veces, y si es una intersección directa múltiple, desde tres bases, se obtendrá tres veces la Z , así sucesivamente.

Si las diferencias de medida resultado (Z) son tolerables se promedian inversamente a la distancia de intersección.

ERROR MÁXIMO

El error máximo de una intersección se puede calcular a partir de la siguiente fórmula:

$$e_{\text{int}} = \frac{L \cdot e_{\text{alh}}}{\frac{r}{V} \cdot \frac{\text{sen} \frac{V}{2}}{2}}$$

Donde:

e_{alh} = error máximo angular de lecturas horizontales

L = Longitud media de las visuales de la intersección

V = ángulo de intersección

$r'' = 206265$ $r^{\text{cc}} = 636620$

EJERCICIO

Con la información revisada hasta el momento realizar la siguiente tarea:

TAREA 9

La tarea propuesta es realizar **una intersección directa múltiple** en la zona de **politécnica**. El objetivo de dicha intersección será obtener coordenadas altimétricas y planimétricas de dos puntos de un edificio de Politécnica (el indicado por el profesor/a de Prácticas).

En esta práctica se distinguen dos fases muy diferenciadas:

9.1. Toma de datos

- Seleccionar las bases topográficas (BT) de la intersección.
- Estacionar la ET en cada BT y tomar los datos necesarios de la intersección.
- Tomar todos los datos, empleando método Bessel, entre cada punto de estación y las bases anterior y posterior, además de los dos puntos visados objeto de la intersección (v1 y v2).

9.2. Cálculo y representación

- Promediar las lecturas horizontales, verticales.
- Calcular el error de cierre de la intersección y verificar que dicho error está dentro de tolerancia.
- Se realizará una representación gráfica, a escala, de los datos observados donde se dibujarán:
 - Puntos de estacionamiento (E) y observados.
 - Acotación de los datos promediados: ángulos y distancias reducidas conocidas.
 - Coordenadas finales de los puntos observados (v1 y v2).

En esta tarea se presentarán los siguientes documentos:

- Croquis y plano de situación.
- Estadillos de toma de datos.
- Cálculo del error máximo tolerable de la intersección.
- Estadillos de cálculo y error de cierre de la intersección realizada.
- Coordenadas finales y planos en planta y alzado de la intersección observada. Se acotarán los ángulos observados y las distancias reducidas observadas.

En el anexo 1 de este documento se presentan las tablas diseñadas para realizar esta práctica. Dichas tablas también están disponibles en formato digital en el campus virtual de la asignatura.

LABORATORIO 9

NIVELACIÓN GEOMÉTRICA COMPUESTA

Objetivos. Tras cubrir esta sesión práctica, el alumno/a es capaz de realizar una nivelación geométrica compuesta, desde su toma de datos hasta su cálculo y compensación.

El estudiante adquirirá habilidades para realizar nivelaciones geométricas de alta precisión, según nivel topográfico y método empleado, y saber calcular el error de cierre y la precisión de nivelación realizada.

CONCEPTO DE NIVELACIÓN GEOMÉTRICA COMPUESTA

La nivelación geométrica compuesta es la metodología topográfica empleada para calcular desniveles entre puntos cuya distancia es superior a una nivelación simple, ya estudiada en la práctica de Laboratorio 5. La nivelación trigonométrica, realizada por una ET permite calcular desniveles de forma rápida y con menos estacionamientos pero con menor precisión que el método de nivelación geométrica. Por este motivo es interesante conocer y controlar el método de nivelación geométrica compuesta y más en obras de edificación donde las precisiones exigidas son siempre muy altas.

TIPOS DE NIVELACIONES GEOMÉTRICAS COMPUESTAS

Al igual que el de las poligonales, una nivelación geométrica compuesta puede ser abierta o cerrada, dependiendo de si el punto de arranque de la nivelación es el mismo (**nivelación geométrica compuesta cerrada**) u otro diferente (**nivelación geométrica compuesta abierta**)

NIVELACIÓN GEOMÉTRICA COMPUESTA

que del punto de llegada. En el segundo caso se deberá conocer las altitudes de los dos puntos para conocer el error de cierre de la nivelación.

Otra forma de clasificar una nivelación geométrica compuesta es por el tipo de las líneas de la nivelación:

- Nivelación geométrica compuesta sencilla.
- Nivelación geométrica compuesta doble.
- Nivelación geométrica compuesta por anillos.

La nivelación geométrica se realiza con niveles topográficos, cuyos estacionamientos son muy sencillos de realizar, y los desniveles son calculados por las **diferencias de lecturas a miras estadimétricas** situadas en los puntos entre los cuales se quieren calcular sus desniveles.

De los tipos de nivelaciones geométricas simples existentes (punto medio, punto extremo, equidistantes, exterior) el método simple más recomendado, siempre que las circunstancias del entorno lo permitan, es el **método del punto de medio**.

Una vez realizada la toma de datos, las lecturas a miras entre los puntos nivelados, los pasos a seguir para realizar el cálculo de una nivelación compuesta son los siguientes:

- Calcular la tolerancia (error máximo o error *a priori*).
- Cálculo de desniveles ($L_{\text{espalda}} - L_{\text{frente}}$).
- Cálculo de las altitudes o cotas.
- Cálculo del error de cierre (error *a posteriori*).
- Compensación del error de cierre si es menor a la tolerancia.

ERROR MÁXIMO DE UNA NIVELACIÓN GEOMÉTRICA COMPUESTA

Partiendo de las características del nivel empleado, se deberá calcular el error de puntería y de horizontalidad de la nivelada. Siendo el error de una visual de nivelación la suma cuadrática de ambos errores.

El error de una visual (e_v) de nivelación geométrica es:

$$e_v = \sqrt{e_p^2 + e_h^2}$$

Donde:

(e_p) Error de puntería
$$e_p = \frac{50''}{A} \left(1 + \frac{4A}{100} \right)$$

Nivel tubular simple
$$e_h = \frac{S}{3}$$

(e_h) Error de horizontalidad

Nivel de coincidencia
$$e_h = \frac{S}{20}$$

El siguiente paso es calcular el error de una nivelada (e_n), que depende del error de la visual (e_v) y de la longitud de la nivelada (L).

(e_n) Error de una nivelada
$$e_n = \frac{\sqrt{e_p^2 + e_h^2}}{r} L$$

siendo L longitud de la nivelada

A partir del error de nivelada se calcula el error kilométrico (e_k). Este error suele ser el error dado como característica en muchos niveles topográficos, en caso contrario se calcula a partir del error de nivela con la fórmula abajo indicada.

(e_k) Error kilométrico
$$e_k = e_n \sqrt{\frac{1000}{L}}$$

siendo L longitud de la nivelada

El error máximo o tolerancia del error de cierre de una nivelación geométrica compuesta es función del error kilométrico y la raíz cuadrada de la distancia total nivelada en kilómetros como se expresa en la fórmula siguiente.

Error máximo de una nivelación geométrica
$$e_{máxniv} = e_k \sqrt{K}$$

siendo K la distancia total nivelada en km

EJERCICIO

Con la información revisada realizar la siguiente tarea:

TAREA 10

La tarea propuesta es realizar **nivelación geométrica compuesta cerrada** partiendo de una de las bases o clavos topográficos de la zona de trabajo de Politécnica. Dicha nivelación se realizará entre varias de las bases topográficas y pasando por puntos intermedios que serán indicados y reseñados tras su cálculo.

El objetivo de dicha nivelación será obtener coordenadas altimétricas de dos puntos de la zona del trabajo de la Politécnica (el indicado por el profesor/a de Prácticas).

En esta práctica se distinguen dos fases muy diferenciadas:

10.1. Toma de datos

- Seleccionar las bases topográficas (BT) de partida y cierre.
- Seleccionar puntos intermedios y puntos a nivelar (marcar y reseñar).
- Tomar todos los datos realizando los anillos de ida y vuelta para tener suficientes lecturas de comprobación y cierre.

10.2. Cálculo y representación

- Calcular los desniveles del itinerario realizado.
- Calcular el error de cierre de la nivelación y verificar que dicho error está dentro de tolerancia.
- Cálculo del error máximo de la nivelación realizada.
- Se realizará una representación en planta gráfica, a escala, de los datos observados donde se dibujarán:
 - Puntos de nivelación y base de partida.
 - Acotación de los datos promediados: desniveles calculados.

En esta tarea se presentarán los siguientes documentos:

- Tablas de toma de datos y cálculos.
- Cálculo del error máximo tolerable de la nivelación.
- Plano en planta y alzado de la nivelación geométrica realizada. Se acotarán los desniveles en dicho plano.

En el anexo 1 de este documento se presentan las tablas diseñadas para realizar esta práctica. Dichas tablas también están disponibles en formato digital en el campus virtual de la asignatura.

LABORATORIO 10

LEVANTAMIENTO DE UNA FACHADA

Objetivos. Tras cubrir esta sesión práctica, el alumno/a es capaz de realizar el levantamiento de una o varias fachadas de un edificio por varios métodos, directo e indirecto, es decir topográfico y fotogramétrico respectivamente.

Esta última práctica final es donde el alumno realizará un trabajo completo de topografía con un objetivo final, el levantamiento de una fachada de la Escuela Politécnica de la Universidad de Extremadura.

CONCEPTO DE LEVANTAMIENTO

Si buscamos en el diccionario de la RAE el significado de *levantamiento* encontraremos los siguientes: “acción y efecto de levantar o levantarse”, “sedición, alboroto popular”, “sublimidad, elevación”, “ajuste, conclusión y finiquito de cuentas”. Como podemos ver, ninguna se acerca al concepto de este término de “levantamiento” como operación o conjunto de operaciones topográficas. El levantamiento, desde una perspectiva métrica o topográfica, es la operación inversa a la de replanteo, ya vista en la práctica 6 de esta guía de prácticas. El levantamiento consiste en obtener datos de una zona u objeto, por ejemplo una fachada, para modelizar dicha realizada con un determinado grado de detalle y a una determinada escala de precisión o resolución.

Los levantamientos topográficos o fotogramétricos pueden ser de una zona de superficie topográfica, de uno o varios edificios, o de un objeto con un determinado interés arqueo-

LEVANTAMIENTO DE UNA FACHADA

lógico o para su documentación. Dependiendo del grado de detalle que se necesite y la exactitud de los datos “levantados” existen diferentes métodos para realizar estos trabajos de levantamiento.

Las nuevas tecnologías, como siempre avanzando, abren puertas a la presentación final de nuestros “clásicos” levantamientos topográficos, ya que de forma sintética, un levantamiento no es más que un **trabajo de documentación 3D** para su posterior virtualización.

Para un levantamiento topográfico se distinguen, como en la mayoría de los trabajos en topografía, dos fases: Primera fase de toma de datos, donde se podrían emplear múltiples métodos y equipos (los vistos en las prácticas anteriores); Segunda fase de procesado de estos datos, desde el cálculo y ajuste, como el tratamiento de errores, hasta el modelado y virtualización para su presentación final.

ADQUISICIÓN DE LOS DATOS

Existen diferentes métodos para esta primera operación de captura de datos:

- Métodos directos:
 - Métodos topográficos, mediante mediciones realizadas con equipos topográficos o de GNSS.
 - Escaneados láser 3D.
 - Vuelos LIDAR.
- Métodos indirectos con imágenes:
 - Fotogrametría clásica.
 - *Structure from Motion* (SFM). Técnica que genera modelos 3D a partir de imágenes procedentes de cámaras no calibradas.

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

En un levantamiento lo más común es combinar diferentes métodos de captura de datos, y como regla básica en topografía, debe de existir redundancia en la captura de datos para que permita el cálculo, comprobación y estimación de errores de cierre e incertidumbres. Los errores máximos por métodos topográficos han sido vistos en las prácticas anteriores. Los errores máximos por método fotogramétrico no son objetivo de esta guía de prácticas.

EJERCICIO

Con la información revisada hasta el momento realizar la siguiente tarea:

TAREA 11

La tarea propuesta es realizar **el levantamiento de la fachada de un edificio** de uno de los edificios de Politécnica, obteniendo un modelo de fachada en diferentes formatos y a una escala previamente calculada según la exactitud de los datos observados.

El objetivo será obtener un modelo de la fachada de un edificio de Politécnica a una determinada escala y con la acotación de sus medidas principales (alto, ancho o largo de la fachada).

Los métodos empleados serán los siguientes:

1. Método topográfico directo, en el cual se emplearán los métodos aprendidos en las anteriores tareas. El método de radiación será el método final para obtener coordenadas de los puntos de interés.
2. Método fotogramétrico o indirecto, en el cual se realizará una adquisición de imágenes fotográficas para su posterior corrección.

Las fases a desarrollar en cada método son las siguientes:

11.1. Método topográfico

- Seleccionar las bases topográficas (BT) a emplear.
- Radiación de los puntos más significativos y claramente inidentificables en una fotografía.
- Cálculo de errores (*a priori* y *a posteriori*) así como coordenadas finales.
- Dibujo a escala, tanto en planta como alzado, de la fachada levantada con la acotación de los puntos radiados y de las medidas principales.

11.2. Método fotogramétrico

- Realización de las imágenes de la fachada.
- Ajuste y corrección de las imágenes.
- Presentación acotada de la imagen final con las acotaciones de medidas.
- Comparativa entre diferentes programas fotogramétricos.

11.3. Comparativa de los dos métodos: topográfico y fotogramétrico

- Comparativa de cinco medidas, entre ellas las principales, de la fachada por los dos métodos.
- Análisis de errores de cada método.
- Conclusiones sobre escalas a emplear y exactitud de medidas obtenidas en cada método.

LEVANTAMIENTO DE UNA FACHADA

En esta tarea se presentará una memoria final con los siguientes apartados:

- Reseñas de localización de la fachada a levantar y bases topográficas empleadas.
- Tablas de toma de datos y cálculos.
- Cálculo *a priori* y *a posteriori* del error máximo en los métodos empleados.
- Plano en planta y alzado final de la fachada con su cajetín correspondiente y en formato unificado según plantillas de autocad disponibles en el campus virtual de la asignatura.
- Imágenes finales obtenidas.

En la figura 23 se muestra un ejemplo de imágenes finales de levantamientos con diferente software: 123Catch y Agisoft PhotoScan.



Figura 23. Fachada principal del edificio de Telecomunicaciones de la Escuela Politécnica de la UNEx. Imagen superior generada con 123Catch, imagen inferior con Agisoft PhotoScan (fuente: TFM de Daniel Almagro, septiembre de 2016).

ANEXOS

ANEXO 1. TABLAS PARA LA TOMA Y CÁLCULO DE DATOS

ANEXO 2. EJEMPLOS DE SALIDAS GRÁFICAS

ANEXO 3. RESEÑAS DE PLACAS TOPOGRÁFICAS DE EPCC

ANEXO 1

TABLAS PARA LA TOMA Y CÁLCULO DE DATOS

A continuación se presentan las tablas diseñadas para realizar algunas de las tareas de la presente guía. Dichas tablas están disponibles en formato original en el campus virtual de la asignatura en un fichero de hoja de cálculo.


Tabla 0. Reseña (Práctica de laboratorio 2)			
	Escuela Politécnica Universidad de Extremadura	Grado de Edificación TOPOGRAFÍA	
PRÁCTICA Reseña de un punto			
Alumno		Grupo	
Fecha			
Nombre del punto			
Situación		Señal	
Provincia			
Municipio			
Zona			
Descripción literal			
Datos adicionales			
Coordenadas ETRS89 Longitud Latitud Altura elipsoidal XUTM YUTM Huso Altura sobre el nivel medio del mar			
Acceso recomendado			




Tabla 1a. Vuelta de Horizonte con Bessel (Práctica de laboratorio 4)								
	Escuela Politécnica Universidad de Extremadura		Grado de Edificación TOPOGRAFÍA					
PRÁCTICA Vuelta de horizonte y Bessel								
Alumno					Grupo			
Fecha								
Equipo					Marca/modelo			
Característica Estación Total								
Equipo								
Marca-modelo								
Nº de serie								
Aumentos A								
Sensibilidad S								
Apreciación a								
Toma de datos								
Datos de Campo								
Estación	Altura equipo	Puntos visado	Lectura horizontal (CD)	Lectura vertical (CD)	Lectura horizontal (CI)	Lectura vertical (CI)	Distancia	Altura prisma (m)
E1	(i)	Ref			-----	-----	-----	-----
		1						
		2						
		3						
		4						
		Ref				-----	-----	-----
E cierre angular								
Croquis Planta								
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; position: relative;"> N ↑ </div>								


Tabla 1b. Vuelta de Horizonte con Bessel (Práctica de laboratorio 4)

Cálculo de la Vuelta de Horizonte							
Cálculo planimétrico							
Estación	Punto visado	L. Horiz. Promedio	Compensación	L. Horiz. compensada	Distancia	Incrementos	
						X	Y
E1	Ref						
	1						
	2						
	3						
	4						
	Ref						
Cierre angular							
Cálculo altimétrico							
Estación	Punto visado	L. vertical Promedio	Compensación	L. vertical compensada	h	m	Altura sobre Z
E1	1						
	2						
	3						
	4						
Cálculo del Error máximo de la radiación							
Error máximo angular							
Error de la vuelta de horizonte							
Plano en planta : a Escala de los datos							

Tabla 2. Comprobar una nivel (Práctica de laboratorio 5)



Escuela Politécnica
Universidad de Extremadura



Grado de Edificación
TOPOGRAFÍA

PRACTICA Comprobación de un nivel topográfico

Alumno _____ Fecha _____ Grupo _____
 Equipo _____ Marca/modelo _____

Característica del nivel

Equipo		
Marca-modelo		
Nº de serie		
Aumentos A		
Sensibilidad S		

Toma de datos

Datos de Campo

MÉTODO \ TRAMO	A- B	Lectura espalda (me)	Lectura frente (mf)	Desnivel	Distancia*	Error relativo	Error absoluto
Método punto medio	Hilo superior						
	Hilo central						
	Hilo inferior						
Método estaciones equidistantes (cercano a A)	Hilo superior						
	Hilo central						
	Hilo inferior						
Método estaciones equidistantes (cercano a B)	Hilo superior						
	Hilo central						
	Hilo inferior						

(* Distancia se refiere a la distancia entre miras. Se mide con cinta métrica o disto)

Croquis en planta de los datos observados

N

↑

Cálculo del estado del nivel

Características nivel

Sensibilidad (S)= _____

Aumentos (A) = _____

(Nota: No olvides las unidades)

CÁLCULOS


Error horizontal $e_h =$ _____

Error de puntería $e_p =$ _____


$e_{a_nivel} =$ _____

$e_{tramo_niv} =$ _____

Tabla 3a. Replanteo (Práctica de laboratorio 6)



Escuela Politécnica
Universidad de Extremadura



Grado de Edificación
TOPOGRAFÍA

PRÁCTICA Replanteo

Alumno Grupo
 Fecha
 Equipo Marca/modelo

Característica Estación Total

Equipo		
Marca-modelo		
Nº de serie		
Aumentos A		
Sensibilidad S		
Apreciación a		

Coordenada Base de replanteo
X
Y
Z

Azimut de partida

Cálculos previos

Punto	Coordenadas a replantear			Increm.coordenadas		Distancia	Áng	Acimut
	X	Y	Z Hormigón	DX	DY	Dh	a	θ
P1								
P2								
P3								
P4								

Cálculo de los datos de verificación (diagonales):

Punto	Increm.coordenadas		Distancia calculada
	DX	DY	
P1-P3			
P2-P4			

N

↑

Tabla 3b. Replanteo (Práctica de laboratorio 6)

Estadillo de campo							Cálculos			Cota punto	Rellenar (+) Excavar (-)
Estación nº	Altura aparato (i)	Punto visado	θ Acimut	Distancia Dh	Lectura LV	Altura Prisma (m)	t	DZ	z		
E1		E2	150,0000	-	-	-	-	-	-	-	
		P1									
		P2									
		P3									
		P4									

Datos de verificación medidos en campo

Punto	Distancia medida	Error cometido	
P1-P3			Replanteo superado
P2-P4			Replanteo superado

Gráfico de replanteo

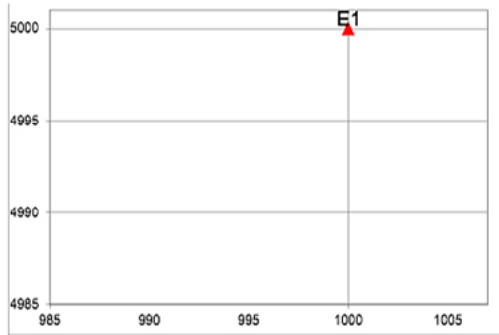



Imagen del replanteo




Tabla 4a. Poligonal (Práctica de laboratorio 7)



Escuela Politécnica
Universidad de Extremadura

Grado de Edificación
TOPOGRAFÍA



PRÁCTICA Poligonal

Alumno _____ Grupo _____
Fecha _____

Característica Estación Total

Equipo	
Marca-modelo	
Nº de serie	
Aumentos A	
Sensibilidad S	
Apreciación a	

Datos de partida proporcionados por el profesor:
 Coordenadas de la primera base o punto de estación (E1):
 Acimut entre la estación BR1000-1001:

X= m
 Y= m
 Z= m


Estadillo de campo

Estación nº	Punto visado	CD			CI			m
		LH	LV	Dh	LH	LV	Dh	
BR1 i=	BR4							
	BR2							
BR2 i=	BR1							
	BR3							
BR3 i=	BR2							
	BR4							
BR4 i=	BR3							
	BR1							

Estadillo de cálculos angulares

Estación nº	Punto visado	LH promedio	LV promedio	Dh promedio	δ desorient.	θ Acimut	Corrección	Az. Compens.
BR1	BR4							BR4
	BR2							BR2
BR2	BR1							BR1
	BR3							BR3
BR3	BR2							BR2
	BR4							BR4
BR4	BR3							BR3
	BR1							BR1
Error en acimut:								
Tolerancia angular								

Tabla 4b. Poligonal (Práctica de laboratorio 7)



2º Grado de Ingeniería en la Edificación

Escuela Politécnica - Universidad de Extremadura

TOPOGRAFÍA

Cálculo de coordenadas planimétricas

Estación nº	Punto visado	Incremento de coordenadas		Coordenadas absolutas		Corrección		Coordenadas finales		Punto
		ΔX Calculada	ΔY Calculada	X Calculada	Y Calculada	ΔX	ΔY	X Compensada	Y Compensada	
BR1	BR4	----	----	----	----	----	----	----	----	
	BR2									E2
BR2	BR1	----	----	----	----	----	----	----	----	
	BR3									E3
BR3	BR2	----	----	----	----	----	----	----	----	
	BR4									E4
E4	BR3	----	----	----	----	----	----	----	----	
	BR1									E1
<i>Error</i>										
Tolerancia para cierre de coordenadas										

Cálculo de coordenada altimétricas


Estación nº	Punto visado	Incremento de coordenadas	Coordenadas absolutas	Corrección	Coordenadas finales	Punto
		ΔZ Calculada	Z Calculada	ΔZ	Z Compensada	
BR1	BR4	----	----	----	----	
	BR2					BR2
BR2	BR1	----	----	----	----	
	BR3					BR3
BR3	BR2	----	----	----	----	
	BR4					BR4
BR4	BR3	----	----	----	----	
	BR1					BR1
<i>Error</i>						
Tolerancia para cierre en Z						

Croquis en planta de los datos observados


N

↑

Tabla 5a. Radiación (Práctica de laboratorio 10)



Escuela Politécnica
Universidad de Extremadura



Grado de Edificación
TOPOGRAFÍA

PRÁCTICA RADIACIÓN

Alumno

Grupo

Fecha

Marca/modelo

Característica Estación Total

Aumentos (A)

Sensibilidad (S)

Apreciación (a)

Datos de campo

Estación	Punto visado	L.Horiz.	L.Vertical	Dist reducida (Dr)	Altura prisma (m)	Lh compensada (q)
E1	Ref		-	-	-	
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
	20					
	Ref		-	-	-	

Error cierre

Cálculo del error angular de la Estación Total

ev	
el	
ed	
ep	
ea	

Error a priori

Error de cierre angular

Tabla 5b. Radiación (Práctica de laboratorio 10)

PRÁCTICA CÁLCULO de la Radiación

Alumnos:		
Grupo:	sub-grupo	

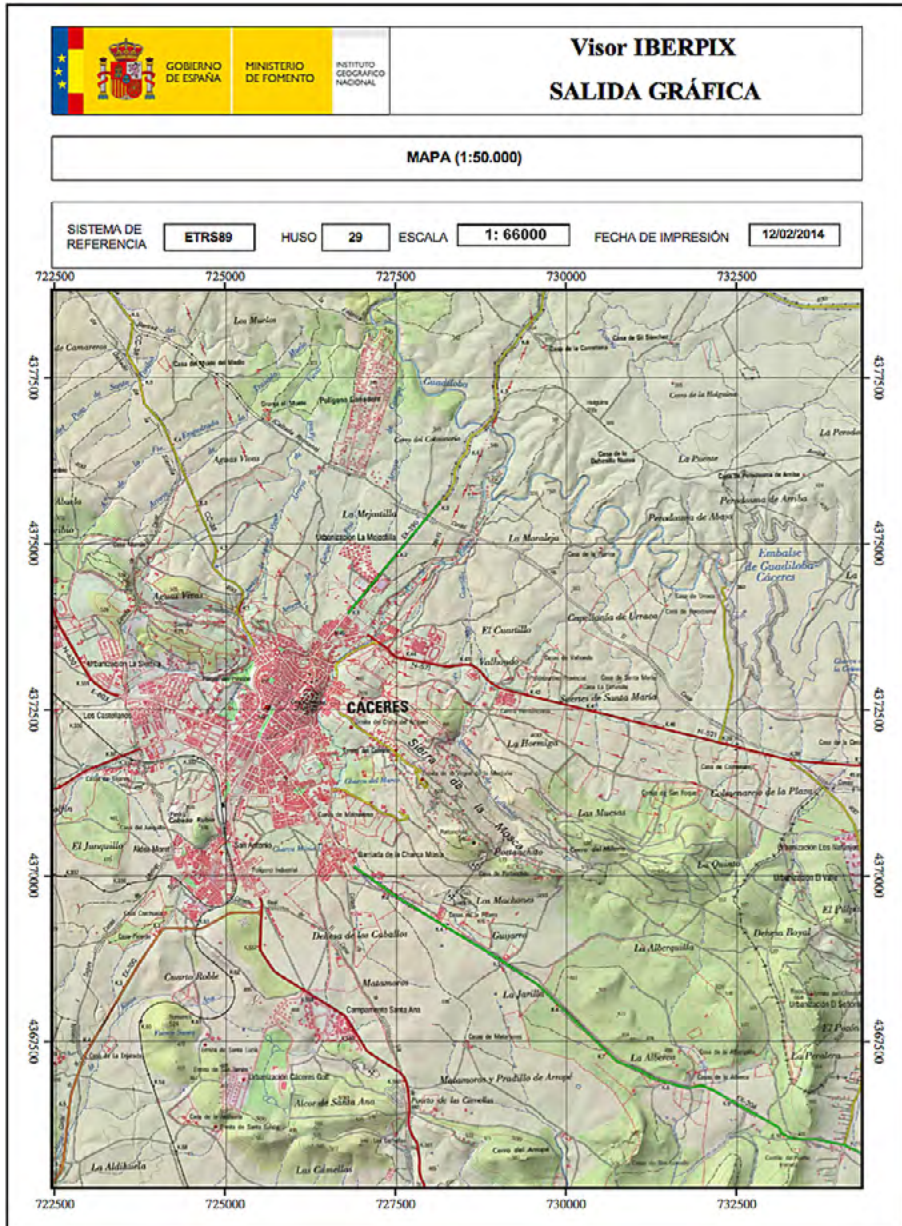
Estadillo de calculo

Punto visado	Acimut	t	ΔX	ΔY	ΔZ	X	Y	Z
Ref								
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

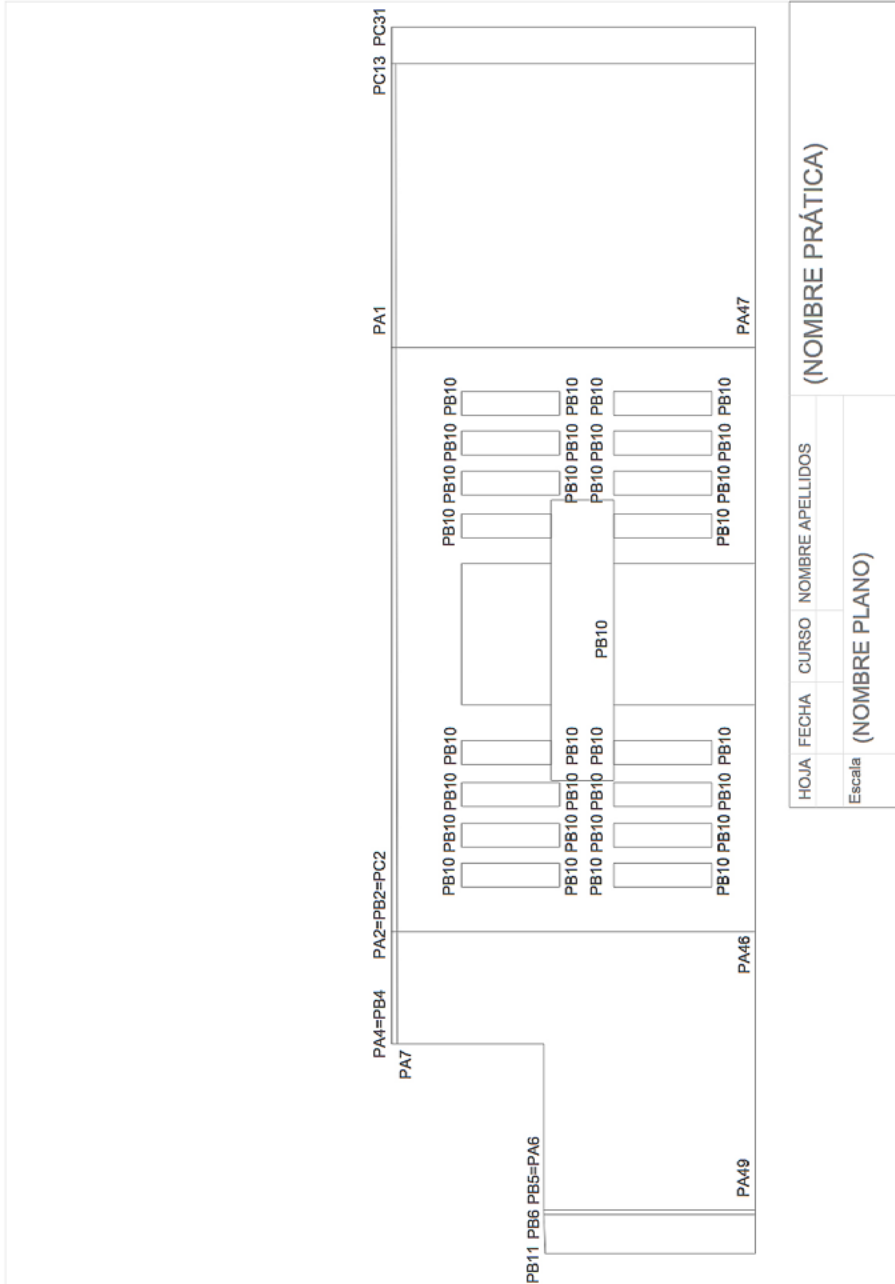
Croquis de los puntos radiados:

ANEXO 2

EJEMPLOS DE SALIDAS GRÁFICAS

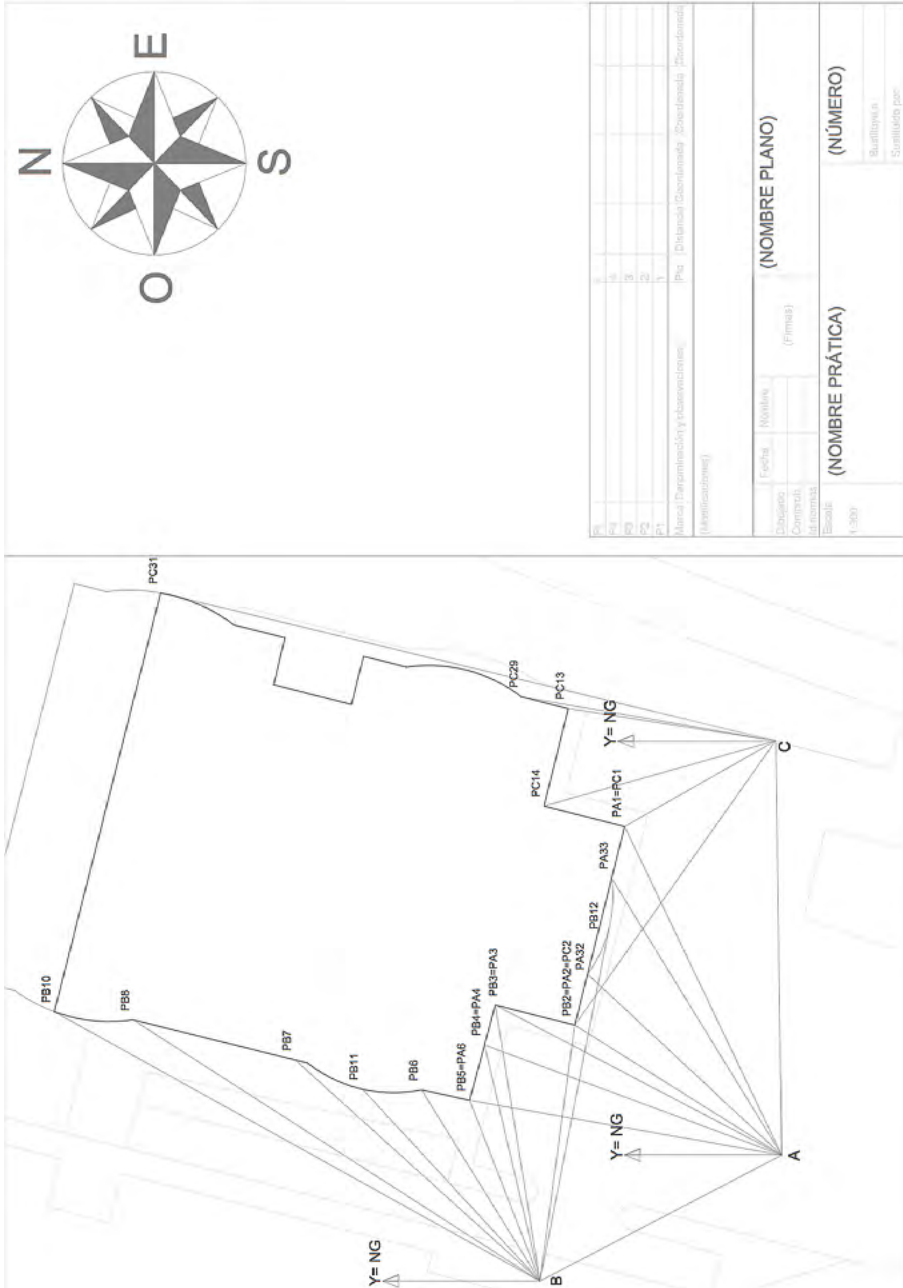






HOJA	FECHA	CURSO	NOMBRE APELLIDOS
Escala			(NOMBRE PLANO)
(NOMBRE PRÁCTICA)			

EJEMPLOS DE SALIDAS GRÁFICAS



ANEXO 3
RESEÑAS DE PLACAS TOPOGRÁFICAS
DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DE CÁCERES

Reseña de PLACA TOPOGRÁFICA BT1000		
BT 1000	Coordenadas ETRS89 UTM Huso 29N X = 728624,380 m Y = 4373254,473 m Z = 369,607 m	Provincia: Cáceres Municipio: Cáceres Centro: Escuela Politécnica Señal: clavo enmarcado en placa Método GNSS Observaciones realizadas por Aurora Cuartero y Manuel Guerrero como actividad conmemorativa del 40th aniversario de la Escuela Politécnica
<p>Reseña literaria Placa situada en el acerado frente al edificio de Ingeniería de Telecomunicaciones, entre los edificios de Investigación y cámaras acústicas, junto a la zona de descanso exterior de estos edificios.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		
		
		<p>Edificio de Investigación</p>
		<p>BT 1000</p>

Reseña de PLACA TOPOGRÁFICA BT1001		
BT 1001	Coordenadas ETRS89 UTM Huso 29N X = 728564,210 m Y = 4373269,808 m Z = 369,493 m	Provincia: Cáceres Municipio: Cáceres Centro: Escuela Politécnica Señal: clavo enmarcado en placa Método GNSS Observaciones realizadas por Manuel Guerrero y Aurora Cuartero como actividad conmemorativa del 40th aniversario de la Escuela Politécnica

Reseña literaria

Placa situada en el acerado entre los edificios de Ingeniería Informática y Pabellón de servicios comunes. Placa en línea con la BT100 y BT1004.



Edificio de Ingeniería Informática

Reseña PLACA TOPOGRÁFICA BT1002		
BT 1002	Coordenadas ETRS89 UTM Huso 29N X = 728586,324 m Y = 4373345,718 m Z = 369,304 m	Provincia: Cáceres Municipio: Cáceres Señal: clavo enmarcado en placa Método GNSS Observaciones realizadas por Aurora Cuartero y Manuel Guerrero como actividad conmemorativa del 40th Aniversario de la Escuela Politécnica

Reseña literaria

Placa situada entre los edificios de Ingeniería Informática y Edificación, frente la zona de aparcamientos inferiores, en la parte superior de la rampa de acceso, en el acerado.



Edificio de Ingeniería Informática



BT 1002

Reseña de PLACA TOPOGRÁFICA BT1003

BT 1003	Coordenadas ETRS89 UTM Huso 29N X = 728501,416 m Y = 4373371,331 m Z = 369,057 m	Provincia: Cáceres Municipio: Cáceres Centro: Escuela Politécnica Señal: clavo enmarcado en placa Método GNSS Observaciones realizadas por Manuel Guerrero y Aurora Cuartero como actividad conmemorativa del 40th Aniversario de la Escuela Politécnica
----------------	--	---

Reseña literaria

Placa situada entre el edificio de Ingeniería Civil y zona de aparcamientos inferiores, en la parte superior de las escaleras, en el acerado.



Reseña de PLACA TOPOGRÁFICA BT1004		
BT 1004	Coordenadas ETRS89 UTM Huso 29N X = 728483,163 m Y = 4373285,693 m Z = 369,502 m	Provincia: Cáceres Municipio: Cáceres Centro: Escuela Politécnica Señal: clavo enmarcado en placa Método: GNSS Observaciones realizadas por Aurora Cuartero y Manuel Guerrero como actividad conmemorativa del 40th Aniversario de la Escuela Politécnica
<p>Reseña literaria</p> <p>Placa situada entre los edificios de Ingeniería Civil y Pabellón de Servicios Comunes. En la zona de acerado de descanso, enfrente de los aparcamientos. Placa en línea con la BT100 y BT1001.</p>		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		
Edificio de Ingeniería Civil		