

**Carlos A. León Robles
Juan Francisco Reinoso Gordo
Gloria León Robles
Jesús Mataix Sanjuán**

**PRÁCTICAS DE TOPOGRAFÍA I:
SUPERFICIES TIN Y OBRAS LINEALES**

Universidad de Granada

E.T.S. INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DEPARTAMENTO EXPRESIÓN GRÁFICA ARQUITECTÓNICA Y EN LA INGENIERÍA

cuadernos de trabajo

© LOS AUTORES.
© UNIVERSIDAD DE GRANADA.
PRÁCTICAS DE TOPOGRAFÍA I: SUPERFICIES TIN Y OBRAS LINEALES
ISBN: 978-84-338-5440-7 Depósito legal: GR./2.877-2012
Edita: Editorial Universidad de Granada.
Campus Universitario de Cartuja. Granada.
Diseño de cubierta: Rosa M.^a Rodríguez Mérida.
Preimpresión: TADIGRA, S.L. Granada.
Imprime: Gráficas La Madraza, Albolote, Granada.

Printed in Spain

Impreso en España

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

ÍNDICE

	Página
Presentación	7
Práctica 1. Elaboración de una superficie TIN y obtención de curvas de nivel a partir de un levantamiento taquimétrico	9
Objetivos	9
Conocimientos previos	9
Material necesario	19
Fases en el desarrollo de la práctica	19
Práctica	
1. Lectura del fichero de puntos	20
2. Crear una superficie TIN a partir de la nube de puntos	21
3. Definición del contorno real en la superficie TIN	25
4. Definición de las líneas de rotura en la superficie TIN	26
5. Visualización de las curvas de nivel	27
6. Visualización de plano de elevaciones	28
7. Importación de fotografías aéreas desde Google Earth	29
Práctica 2. Creación de una obra lineal	33
Objetivos	33
Conocimientos previos	33

Material necesario	43
Fases en el desarrollo de la práctica	43
Práctica	
1. Definición del eje	44
2. Perfil longitudinal del terreno correspondiente al eje	47
3. Definición de la rasante	50
4. Definición de la plataforma	52
5. Creación de la obra lineal	54

1. Presentación

El presente cuaderno de trabajo se inscribe dentro de las clases prácticas de Métodos Topográficos, Modelos Digitales del Terreno, Obras Lineales y Fotogrametría que se imparten en la asignatura de Topografía de primer curso del Grado de Ingeniería Civil de la Universidad de Granada.

Es objeto de este primer cuaderno de trabajo las prácticas relativas a Modelos Digitales del Terreno y Obras Lineales, siendo su finalidad última que el alumnado tenga el material docente necesario para afrontar una materia que con frecuencia supone un importante reto debido a la introducción de conceptos técnicos que les son completamente desconocidos y el empleo de software profesional que requiere un entrenamiento específico.

El cuaderno incluye dos prácticas, estando la primera de ellas centrada en la modelización del terreno mediante superficies TIN a partir de levantamientos taquimétricos y la segunda en una actividad tan propia de la Ingeniería Civil como es el trazado de carreteras. Ambas prácticas incluyen una introducción teórica en la que se exponen los conocimientos previos necesarios.

La ejecución de las prácticas se realiza con la aplicación informática AutoCad Civil 3D, de la cual se puede descargar una versión educativa sin coste desde la página web de Autodesk: http://students.autodesk.com/?nd=download_center

Parte de la información informática que se precisa para las prácticas es facilitada haciendo uso de la Sistema Web de Apoyo a la Docencia (SWAD) desarrollado por la Universidad de Granada.

Práctica 1. Elaboración de una superficie TIN y obtención de curvas de nivel a partir de un levantamiento taquimétrico

OBJETIVOS

El objetivo de la presente práctica es obtener un modelo digital del terreno mediante una superficie TIN (Triangulated Irregular Network) a partir de las coordenadas de una nube de puntos (x,y,z) obtenida de un levantamiento topográfico con estación total o GPS¹. A partir de esta red de triángulos irregulares se obtendrá como subproducto de la misma las curvas de nivel de la zona en estudio, el mapa de elevaciones, inserción de fotografías aéreas, etc.

En la práctica 2 se empleará el modelo digital de terreno obtenido para proyectar en el mismo el eje de una carretera, obtener perfiles longitudinales, definir rasantes, plataformas y perfiles transversales.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

El levantamiento topográfico es una de las tareas más comunes en topografía, englobándose en este concepto todas las operaciones necesarias para representar en un plano el terreno y todos los elementos contenidos en el mismo (carreteras, edificaciones, líneas eléctricas, canales, ferrocarriles, etc.) constituyendo la base fundamental para la elaboración de cualquier proyecto de ingeniería.

El fundamento de un levantamiento topográfico es la obtención de la posición de una serie de puntos del terreno convenientemente elegidos, denominándose *planimetría* cuando se obtienen las coordenadas horizontales (x,y), *altimetría* cuando se sitúan los puntos respecto a un plano horizontal (z) y *taquimetría* cuando se obtienen las tres coordenadas (x,y,z) en el mismo proceso. De esta manera, es posible representar la superficie del terreno en un plano mediante su coordenadas planimétricas (x,y) y complementarlo con el sistema de planos acotados (curvas de nivel) para tener la información necesaria de la altimetría (z).

La primera cuestión que es preciso resolver es que la Tierra no es plana, siendo la superficie matemática que mejor se aproxima a la misma el elipsoide de revolución, pero es necesario obtener una representación plana de la misma para poder trabajar sobre un plano con la finalidad de proyectar cualquier infraestructura. El elipsoide de revolución tiene el inconveniente de no ser una superficie desarrollable, por lo que si se pretende obtener una imagen plana del mismo mediante la aplicación de un sistema de proyección cartográfica que a

1. Global Positioning System. Sistema de posicionamiento global desarrollado y mantenido por el Departamento de Defensa de Estados Unidos de América.

cada punto con una determinada latitud y longitud geográficas (φ, λ) le asigne unas coordenadas planas (x, y) , es preciso tener en cuenta que habrá deformaciones, de manera que si se mide una distancia, un ángulo o una superficie en el plano no coincidirán necesariamente con los de la realidad. A pesar de ello, es posible buscar una pareja de funciones para el sistema cartográfico $[x = f(\varphi, \lambda), y = g(\varphi, \lambda)]$ de manera que conserve alguna de las propiedades, obteniendo un sistema *conforme* si se conservan los ángulos o un sistema *equivalente* si se conservan las superficies.

El sistema de proyección plana más extendido internacionalmente es la proyección UTM (Universal Transversa Mercator), la cual consiste en proyectar la superficie del elipsoide adoptado para modelizar la superficie terrestre sobre un cilindro tangente al mismo en uno de sus meridianos, teniendo la propiedad de conservar los ángulos tras la proyección (sistema conforme), aunque no así las distancias y superficies.

10

En España el sistema de proyección empleado desde la creación del Instituto Geográfico en 1870 fue el polidrico. Sin embargo, por razones de homogeneidad y de continuidad cartográfica con los países vecinos, en el año 1970 se decidió seguir las recomendaciones de la Asociación Internacional de Geodesia, de la cual era miembro España, adoptando como sistema de proyección para el Mapa Topográfico Nacional la proyección U.T.M. con la distribución de husos internacional, datum geodésico europeo ED50 (European Datum 1950), elipsoide de referencia internacional de Hayford (1924) y meridiano origen de longitudes en Greenwich (Reino Unido).

Un datum geodésico (sistema geodésico de referencia) es la combinación de un elipsoide de revolución que modeliza la superficie terrestre y su posición, lo que define un sistema de coordenadas. Además, se dispone de un conjunto de vértices geodésicos distribuidos a lo largo del territorio cuyas coordenadas son calculadas. Este conjunto de vértices, denominado *marco de referencia*, se materializa en el terreno mediante la construcción de hitos permanentes. El marco de referencia es crucial ya que el conocimiento de sus coordenadas brinda la oportunidad de, apoyándose en los mismos, calcular las coordenadas de otros puntos desconocidos mediante su observación, lo cual constituye la base de un levantamiento taquimétrico.

Evidentemente, para calcular las coordenadas de los vértices que constituyen el marco de referencia es preciso conocer previamente las coordenadas de al menos uno de sus puntos y el acimut de una determinada dirección, calculando las del resto mediante observaciones geodésicas sucesivas. Las coordenadas de este punto se calculan mediante observaciones astronómicas, motivo por el cual se denomina *punto astronómico fundamental*, y su ubicación se elige de manera que sus coordenadas astronómicas y geodésicas coincidan, lo cual únicamente ocurre si las superficies del elipsoide adoptado y del geoide son tangentes. En el sistema ED50 el punto astronómico fundamental está en la torre de Helmert en ciudad alemana de Postdam.



El marco de referencia en el sistema ED50 en España está constituido por más de once mil vértices geodésicos, los cuales han quedado materializados en el terreno mediante cilindros verticales de hormigón de 1,20 m de altura y 0,30 m de diámetro. Las coordenadas de cada uno de estos vértices geodésicos fueron calculadas utilizando el elipsoide de Hayford y constituye lo que se denomina la Red de Orden Inferior (ROI).

P1. ¿Cuántos husos se emplean en la proyección U.T.M. para representar la superficie terrestre?

P2. ¿Cuál es la amplitud en grados sexagesimales de cada uno de los husos? ¿y en minutos? ¿y en segundos?

P3. ¿En cuántos husos queda representado el territorio español?

P4. A partir de la longitud geográfica de Granada, Huelva, Santa Cruz de Tenerife y Palma de Mallorca determinar el huso al que pertenecen.

P4. ¿Es posible representar toda la superficie terrestre con la proyección U.T.M.? En caso de existir zonas excluidas de la representación indicar cuáles son las mismas y cómo se representan.

P5. En la página web del Instituto Geográfico Nacional (www.ign.es) se pueden descargar las reseñas de los vértices geodésicos de la Red de Orden Inferior. Determinar del vértice geodésico Caballo en el T.M. de Lanjarón (Granada) las coordenadas geográficas y U.T.M. en el sistema de referencia ED50, así como su altitud.

$\varphi =$

$\lambda =$

X =

Y =

Z =

La aparición de los sistemas de navegación por satélite (GNSS²), como el GPS, GLONASS³ y el futuro sistema GALILEO⁴, ha tenido como consecuencia el desarrollo de modernos sistemas de referencia geodésicos globales que permiten una alta precisión y homogeneidad para el posicionamiento. Este es el caso del sistema de referencia ETRS89⁵, el cual está ligado a la parte estable de la placa continental europea y es consistente con los modernos sistemas de navegación por satélite, motivo por el cual está siendo adoptado por los países europeos. En el caso de España, para todos los trabajos de referenciación geográfica y cartográfica en el ámbito de la Península y las Islas Baleares, se ha sustituido el sistema geodésico de referencia regional ED50 por el sistema de referencia geodésico global ETRS89⁶, adoptando el elipsoide GRS80⁷ y como referencia para las altitudes los registros del nivel medio del mar obtenido en la estación mareográfica del puerto de Alicante.

En resumen, la migración de todos los países europeos a este nuevo sistema de referencia geodésico supone la entrada en una nueva época cartográfica en la que todos los países utilizarán el mismo sistema de referencia geodésico. Además, el elipsoide GRS80 es completamente equivalente a nivel de usuario con el

2. Global Navigation Satellite System

3. Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema. Sistema global de navegación por satélite militar desarrollado por la Unión Soviética

4. Sistema global de navegación por satélite en fase de desarrollo por la Unión Europea. A diferencia de los sistemas militares GPS y GLONASS, su uso será civil.

5. European Terrestrial Reference System 1989

6. Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio (disponible en la zona de descarga de la plataforma SWAD)

7. Geodetic Reference System 1980

2. A partir de los vértices topográficos se observarán una serie de puntos de la zona de estudio, estratégicamente seleccionados, de los cuales se determinará sus coordenadas UTM (x,y) y su altitud (z), obteniendo una nube de puntos que servirá para modelizar el terreno.
3. Obtención de una triangulación en tres dimensiones de la nube de puntos (superficie TIN).
4. Obtención de las curvas de nivel a partir de la superficie TIN.

Las coordenadas planimétricas (x,y) de la red de vértices topográficos puede obtenerse con una estación total (mediante triangulación) o con técnicas GPS.

Cuando la observación de la red de vértices topográficos se realice con estación total se intentarán cumplir las siguientes prescripciones:

1. La red de vértices topográficos estará enlazada a la Red Geodésica Nacional por al menos tres vértices geodésicos, de manera que la zona resultante de unir las observaciones entre vértices geodésicos debe circunscribir la totalidad de la zona en la que se pretender hacer el levantamiento taquimétrico.
2. Los vértices topográficos deben escogerse de manera que los triángulos resultantes tengan una forma lo más cercana posible a la equilátera. En cualquier caso, los ángulos en cada uno de los vértices de la red serán superiores a 30° e inferiores a 140° .
3. La distancia máxima entre vértices topográficos no debe ser superior a 2 km, siendo indispensable que desde cada vértice se vean al menos otros dos.
4. En este procedimiento de triangulación para la obtención de las coordenadas planimétricas únicamente se tienen en cuenta las medidas angulares observadas, aunque se pueden emplear las medidas electrónicas de los lados de la red como complemento y comprobación.
5. Una vez observada la red de vértices topográficos se efectuará el cálculo y compensación de la triangulación del conjunto por el método de los mínimos cuadrados.
6. Los vértices topográficos se señalarán en el terreno de forma que se garantice su permanencia en el tiempo. Ejemplo de esta señalización sería un hito Feno.

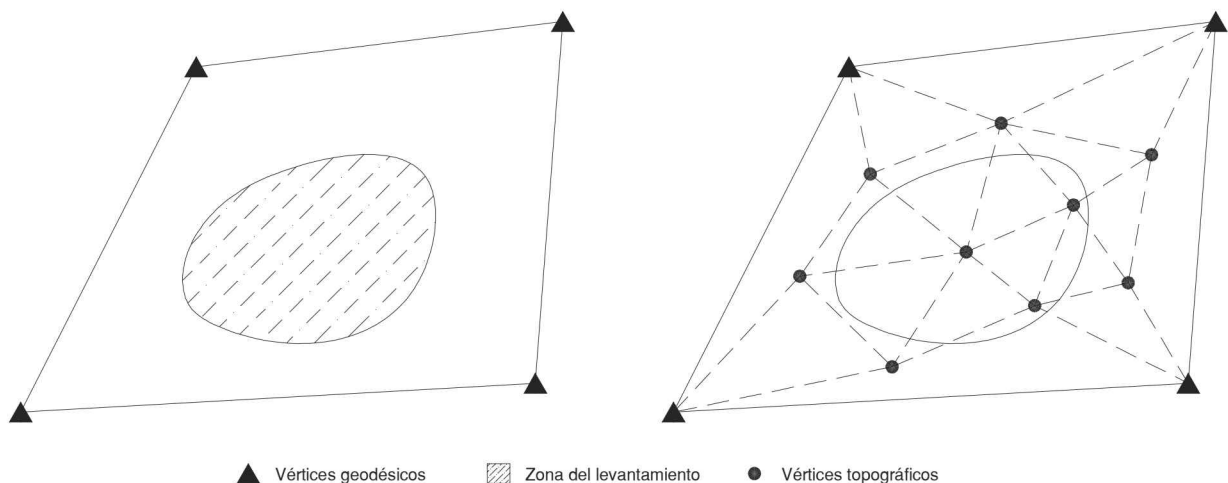


Figura 1

La altimetría de cada uno de los vértices topográficos de la red se obtendrá mediante nivelación geométrica doble apoyándose en las señales de nivelación de alta precisión (NAP) o de precisión (NP) existentes en la zona.

El segundo método para transportar las coordenadas de los vértices geodésicos a los vértices topográficos es el uso del GPS. Evidentemente, las técnicas GPS son más rápidas, fiables y sencillas que la triangulación, motivo por el cual es el más usado hoy en día siempre que sea posible su aplicación.

Es preciso tener en cuenta que la señal GPS está afectada por un error aleatorio debido a su viaje a través de la atmósfera, por lo que es preciso el empleo de métodos que eliminen estos errores. La precisión que se requiere en la obtención de las coordenadas de la red de vértices topográficos exige el empleo de receptores GPS bifrecuencia y el método estático relativo.

El método estático relativo (diferencial) consiste en la utilización de un receptor GPS fijo sobre uno de los vértices geodésicos (cuyas coordenadas son conocidas) y otro sobre el vértice topográfico cuyas coordenadas se quiere calcular. Dependiendo de si los receptores están conectados vía radio o no existe conexión entre ambos, se estará hablando de una observación en tiempo real o en postproceso.

14

De una forma resumida y esquemática, el proceso sería el siguiente:

1. Se estaciona uno o varios receptores fijos (estaciones de referencia), sobre los vértices geodésicos, indicando al receptor cuáles son sus coordenadas UTM y la altitud.
2. Se estaciona el receptor móvil sobre el vértice topográfico cuyas coordenadas se quieren determinar.
3. Observación en tiempo real:
 - a. Se establece una comunicación por radio entre la estación de referencia y el receptor móvil con la finalidad de sincronizarlos.
 - b. La estación de referencia calcula las coordenadas que le reportan sus observaciones GPS y las compara con las coordenadas del vértice geodésico en el que está estacionado. El error obtenido es transmitido en tiempo real al receptor móvil, el cual aplica inmediatamente las correcciones a sus medidas.
4. Observación para postproceso:
 - a. Los dos receptores realizan sucesivas mediciones de su posición durante largos periodos de tiempo (normalmente 15-20 minutos) con la finalidad de obtener múltiples medidas de posicionamiento.
 - b. Las coordenadas de los vértices topográficos no son obtenidas mediante un postproceso en gabinete con un software específico capaz de poner en relación las series medidas por la estación de referencia y las del receptor móvil y realizando la correspondiente compensación por mínimos cuadrados de todas las observaciones realizadas.

El empleo de receptores GPS capaces de recibir datos en tiempo real por telefonía móvil (GSM) y módem hace posible realizar las observaciones de la red de vértices topográficos con un único receptor móvil, no siendo necesario estacionar un receptor fijo en un vértice geodésico. En este procedimiento las correcciones diferenciales son recibidas en tiempo real conectándose a una estación de referencia que facilite este servicio. Este es el caso de la Red Andaluza de Posicionamiento (RAP) del Instituto de Cartografía de Andalucía (ICA), el cual dispone de estaciones de referencia a lo largo del territorio andaluz.

P9. El hito feno es una de las señales permanentes más empleadas en topografía. Dibujar un hito feno con sus elementos de anclaje al terreno

P10. Indicar las localidades granadinas en las que existe una estación de referencia para correcciones diferenciales GPS de la Red Andaluza de Posicionamiento

15

Una vez calculada y señalizada la red de vértices topográficos se está en condiciones de realizar el levantamiento taquimétrico de la zona que se precisa cartografiar. Para ello, puede emplearse una estación total o técnicas GPS.

En caso de emplear una estación total el primer paso consiste en estacionar en uno de los vértices topográficos (V1). Evidentemente, los 0° de lectura horizontal de la estación total no coincidirán con el Norte cartográfico (N), por lo que lo primero que es preciso determinar es la constante de orientación (V_0) que permitirá transformar las lecturas horizontales de la estación (L) en acimutes (V).

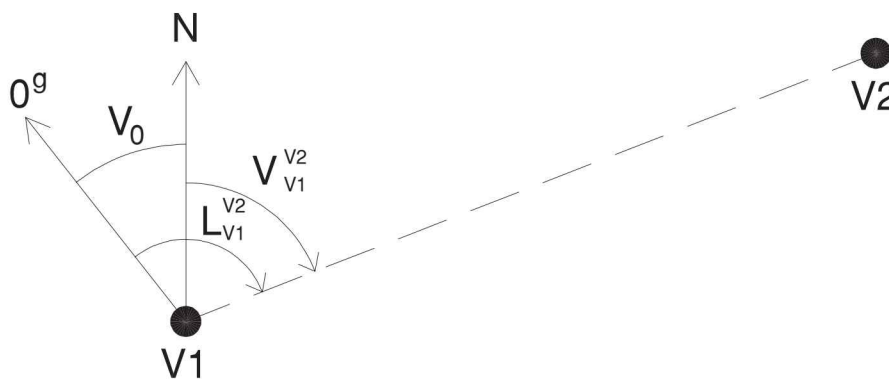


Figura 2

Para realizar la orientación es preciso observar a otro de los vértices topográficos (V2). Ya que son conocidas las coordenadas de ambos vértices $[(x_{v1}, y_{v1}), (x_{v2}, y_{v2})]$, el acimut (V_{V1}^{V2}) es fácilmente calculable. En el caso concreto de la figura adjunta el acimut entre ambos vértices es $V_{V1}^{V2} = \tan^{-1} \frac{x_{v2} - x_{v1}}{y_{v2} - y_{v1}}$, por lo que la constante de orientación que habrá que sumar a todas las lecturas horizontales será $V_0 = V_{V1}^{V2} - L_{V1}^{V2}$.

Una vez realizada la orientación se está en condiciones de emplear el método de la radiación para observar y calcular las coordenadas de una nube de puntos que permita realizar un modelo digital del terreno.

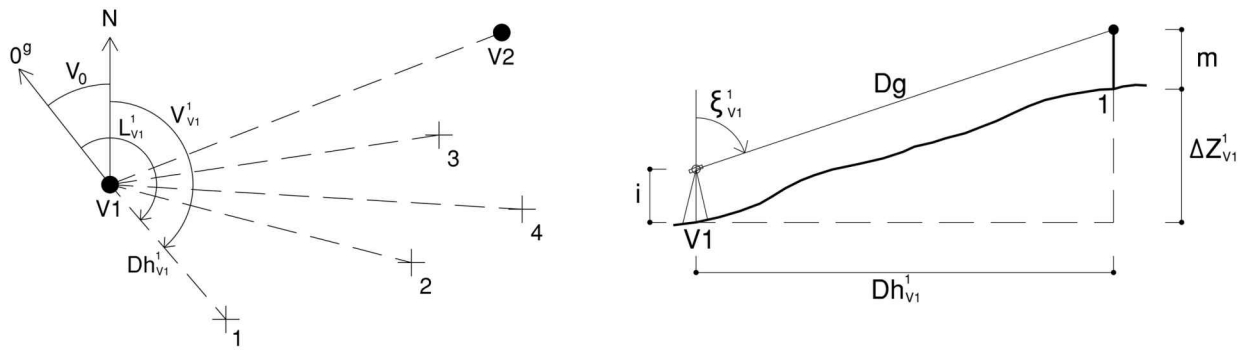


Figura 3

16

Al realizar una lectura a cada punto (1, 2, 3, 4, etc.) se mide la lectura horizontal (L), la distancia geométrica (D_g) y la distancia cenital (ξ). Al haber introducido en la estación total las coordenadas de los vértices topográficos V_1 y V_2 , la secuencia de cálculo en el instrumento para la obtención de las coordenadas del punto 1 podría ser la siguiente:

1. Cálculo de la constante de orientación V_0
2. Conversión de la lectura horizontal $L_{V_1}^1$ a acimut: $V_{V_1}^1 = L_{V_1}^1 + V_0$
3. Cálculo de la distancia reducida al horizonte: $Dh_{V_1}^1 = D_g \cdot \sin \xi_{V_1}^1$
4. Cálculo del desnivel: $\Delta Z_{\xi_{V_1}^1} = D_g \cdot \cos \xi_{V_1}^1 - m + i$
5. Transporte de coordenadas planimétricas y altitud del vértice topográfico V_1 al punto 1:

$$X_1 = X_{V_1} + Dh_{V_1}^1 \cdot \sin V_{V_1}^1$$

$$Y_1 = Y_{V_1} + Dh_{V_1}^1 \cdot \cos V_{V_1}^1$$

$$Z_1 = Z_{V_1} + \Delta Z_{\xi_{V_1}^1}$$

El mismo procedimiento se haría con el resto de puntos que son visibles desde el vértice topográfico V_1 . En general, el levantamiento taquimétrico no se podrá realizar completamente desde un mismo vértice topográfico, ya sea por problemas de visibilidad o por resultar distancias de observación muy largas, por lo que será necesario realizar sucesivos cambios de la estación a otros vértices topográficos y realizar el mismo proceso anteriormente descrito.

Evidentemente, las coordenadas de la nube de puntos que conforman el levantamiento taquimétrico también se pueden obtener con GPS, ya sea utilizando como estación de referencia uno de los vértices topográficos o conectando telefónicamente a una de las estaciones que facilite las correcciones diferenciales (p.e. la Red Andaluza de Posicionamiento). En este caso no interesa obtener las precisiones requeridas para dar coordenadas a la red de vértices topográficos, sino rapidez en la lectura de los miles de puntos que normalmente son necesarios tomar en un levantamiento taquimétrico, por lo que el método a emplear es el relativo cinemático en tiempo real (RTK¹⁰), el cual permite la lectura de un punto en pocos segundos.

10. Real Time Kinematic.

Una vez terminado el levantamiento taquimétrico los datos son volcados de la estación total o GPS en un fichero (p.e. txt) para su posterior tratamiento informático, en el cual aparece el número de punto, la abscisa, la ordenada, la cota y una descripción en la que se puede indicar alguna característica del punto (p.e. si pertenece al borde de un camino, es una esquina de un edificio, etc.):

Punto	X	Y	Z	Descripción
1	491723.215	4132143.743	1083.750	
2	491722.456	4132143.939	1083.770	
3	491730.209	4132142.139	1083.620	
4	491732.890	4132141.795	1083.580	
...	

El siguiente paso es leer esta nube de puntos desde una aplicación informática CAD¹¹ con la finalidad de tener todos los puntos tomados y poder realizar una triangulación en tres dimensiones de los mismos (superficie TIN). La triangulación consiste en unir cada punto con sus adyacentes más próximos mediante una recta en el espacio, con lo que se obtiene una red de triángulos que se aproxima a la superficie terrestre en la que se pretende trabajar. Evidentemente, cuantos más puntos se tomen en el levantamiento taquimétrico mejor será la aproximación a la superficie terrestre.

A partir de esta triangulación se puede obtener una curva de nivel sin más que unir los puntos que tengan la misma cota. Así, si se desea dibujar la curva de nivel de la cota 1.085 lo único que habría que hacer es buscar mediante interpolación lineal el punto de cada una de las rectas que conforman la triangulación que tiene esa cota y unir los puntos resultantes con la suavidad deseada. Hoy en día, existen algoritmos de curvado que realizan esta operación de forma automática con el intervalo entre curvas de nivel y suavidad que se desee.

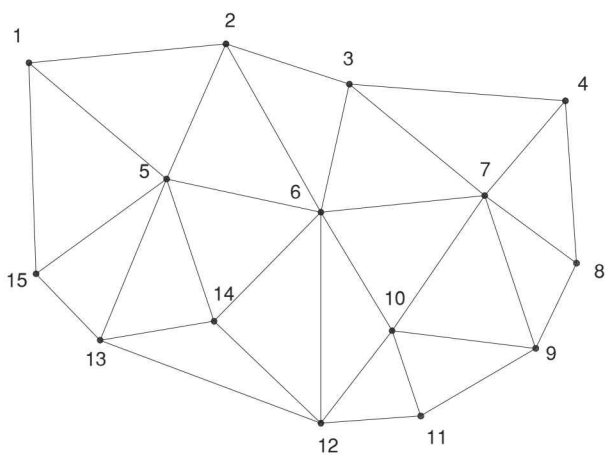


Figura 4

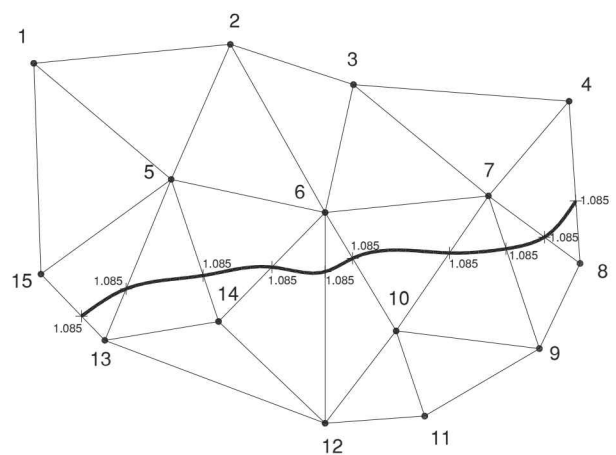


Figura 5

Un aspecto importante en la realización de un levantamiento taquimétrico es tomar los puntos que definen cada uno de los elementos que están presentes en el terreno, tales como edificaciones, caminos, etc. Es imprescindible hacer un croquis en el campo con cada uno de estos elementos y los números de los puntos

11. Computer Aided Design.

que se toman con la finalidad de poder unirlos posteriormente mediante líneas en un entorno CAD y que queden reflejados en el plano final. En caso de no tener estos croquis de campo se dispondrá de miles de puntos dibujados en la pantalla y será imposible distinguir dónde están los principales elementos del terreno.

Otra cuestión crucial es la definición de las *líneas de rotura*. Las líneas de rotura en topografía son aristas que definen cambios de pendiente brusca en el terreno, ya sean naturales o artificiales, tales como divisorias, vaguadas, intersección de terraplenes o desmontes con el terreno, bermas, muros, etc. Es importante identificar sobre el terreno estas aristas y tomar puntos sobre las mismas para definir las como líneas de rotura.

La importancia de las líneas de rotura radica en que su ausencia puede introducir una definición del modelo TIN que se aleje de la realidad. Así, en la figura 6 se muestran dos planos A y B, cuya intersección es la recta aa' y una serie de puntos tomados en ambos planos junto con su triangulación. Tal y como se desprende de la figura, con los puntos tomados algunos lados de la triangulación como el c y b quedarán por encima del terreno real, por lo que el modelo generado será completamente erróneo.

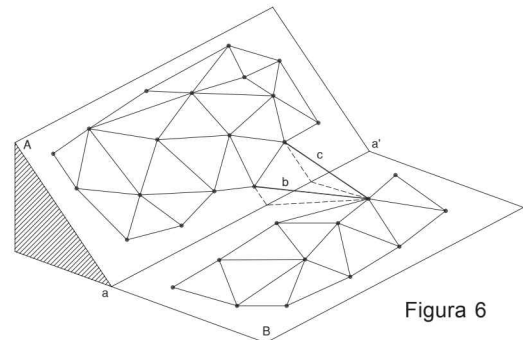


Figura 6

En este caso, la línea aa' es una arista de cambio de pendiente, constituyendo claramente una línea de rotura, por lo que tendrá que ser tratada como tal. Para que el modelo se genere lo más parecido a la realidad es preciso realizar las siguientes operaciones:

1. Cuando se realice el levantamiento taquimétrico de deben tomar los puntos que sean necesarios sobre la línea de rotura, realizando un croquis que indique su forma aproximada y la numeración de los puntos tomados sobre la misma.
2. Una vez volcados los datos en el entorno CAD habrá que unir los puntos tomados mediante una línea para indicar al programa de triangulación que esa línea constituye una línea de rotura.

La definición de una línea de rotura en cualquier programa de triangulación tiene varias implicaciones inmediatas:

1. La línea que une los puntos de la línea de rotura son lados de triángulos pertenecientes a la triangulación (denominado 'r' en la figura 7).
2. Ningún lado de los triángulos que conforman la triangulación puede cortar a una línea de rotura.
3. La definición de las líneas de rotura supone una variación en la triangulación y por tanto en las curvas de nivel obtenidas.

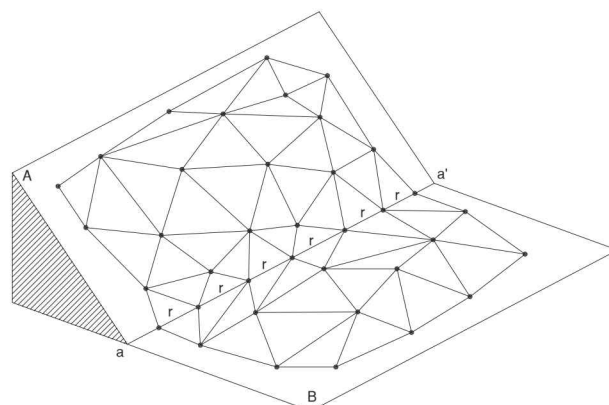


Figura 7

MATERIAL NECESARIO

Para el desarrollo de la práctica será preciso el siguiente material:

1. AutoCAD Civil 3D, como aplicación específica para realizar la lectura de los puntos del taquimétrico, triangulación y curvado.
2. Fichero de puntos. En la presente práctica se empleará el fichero *Puntos.txt* obtenido mediante GPS cuya estructura es [Punto, X, Y, Z, descripción] y que está disponible en el SWAD.
3. Fichero *Contorno y rotura 2000E.dwg* en el que se han dibujado las líneas de rotura y contorno del taquimétrico con un desplazamiento de 2.000 m hacia el Este.
4. Google Earth como aplicación suplementaria para la importación de imágenes aéreas.
5. Fichero *Google_earth_Guadix.kmz*

19

FASES EN EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

La práctica se desarrollará íntegramente con el programa informático AutoCad Civil 3D, siguiendo las siguientes fases:

1. Lectura del fichero de puntos *Puntos.txt*
2. Triangulación de los puntos volcados
3. Definición del contorno y líneas de rotura
4. Obtención de curvas de nivel
5. Obtención del mapa de elevaciones
6. Importación de fotografías aéreas desde Google Earth