

CAPÍTULO 7

Métodos Planimétricos

Dentro del ámbito de la Topografía, son así denominados los métodos que permiten determinar la posición (coordenadas XY) de puntos del terreno a partir de otros puntos con coordenadas conocidas y de mediciones que se realicen entre ellos.

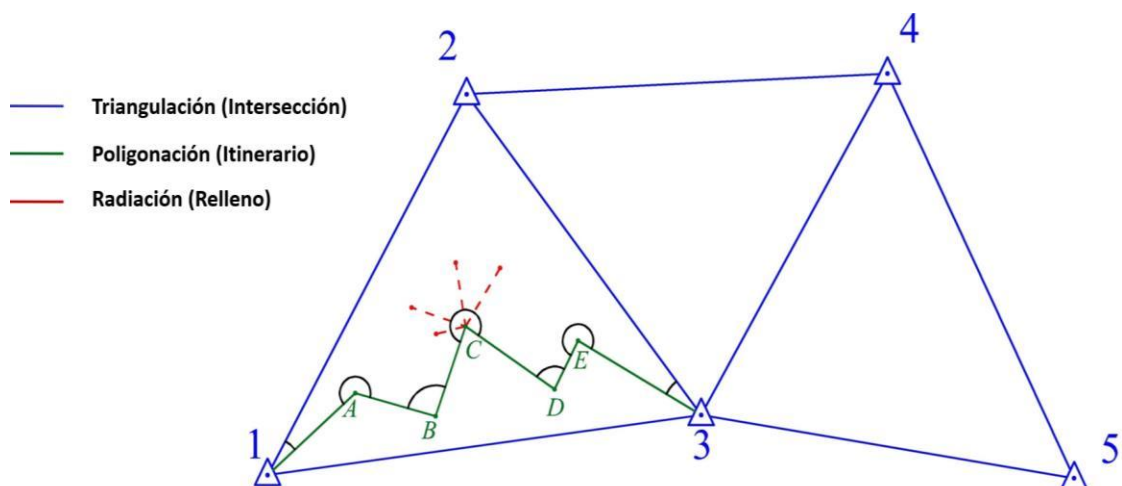
En algunos trabajos es requerido que los levantamientos topográficos estén referidos a un sistema de referencia único oficial, esto posibilita, entre otras cosas un registro único de los elementos del territorio que se han levantado.

Un punto ha de considerarse mejor determinado cuanto menor sea el número de operaciones topográficas escalonadas que se hayan efectuado para su determinación. De lo que se deduce que todo trabajo topográfico convendrá realizarlo por etapas, formando redes, apoyadas sucesivamente unas en otras. Esta necesidad generó que se practique diferentes técnicas o métodos de medición.

Ya prácticamente en desuso, las técnicas de triangulación permiten generar una red precisa y extensa, pero poco densa, de puntos con coordenadas en un único marco de referencia. Para densificar redes pueden utilizarse otras técnicas menos precisas, pero más veloces como lo son las poligonaciones, que se apoyan en puntos de redes de mayor precisión. Finalmente, cuando el objetivo es realizar un levantamiento topográfico de puntos del terreno (puntos de interés) se requiere un método que asegure rapidez y la suficiente precisión, y se utiliza el método planimétrico de radiación.

Figura 7.1

Redes planimétricas: Triangulación, Poligonación y Radiación.



En la figura 7.1 se esquematizó una red de cinco puntos obtenida mediante una triangulación. Entre los puntos 1 y 3 se midió una poligonal para densificar la red original, obteniéndose los puntos A, B, C, D y E de orden menor. Desde el vértice C con orientación en B se realizó un levantamiento de detalles mediante una radiación.

Triangulaciones y Poligonales topográficas

Previo al surgimiento del instrumental electrónico, como lo son las estaciones totales o los distanciómetros electrónicos autónomos, así como de la tecnología GNSS, los trabajos de precisión topográficos se basaban fundamentalmente en la medición de ángulos. Los métodos de triangulación empleados en Topografía utilizan casi exclusivamente mediciones de ángulos hechas con teodolitos, dado que en esa época era muy dificultoso medir grandes distancias con la precisión requerida.

Partiendo de una serie de puntos con coordenadas XY conocidas en un marco de referencia, se realizaban mediciones angulares para asignar coordenadas a nuevos puntos en dicho marco. Los métodos utilizados se denominan de intersección y pueden dividirse en dos grupos:

- Intersección hacia adelante: Se hace estación en puntos conocidos y se miden los ángulos determinados hacia puntos desconocidos. Dentro de estos se encuentran los métodos de "Intersección Directa".
- Intersección hacia atrás: Se realizaba la estación del teodolito en puntos desconocidos y se medían los ángulos determinados hacia los puntos conocidos. Dentro de este grupo se pueden encontrar los métodos de Pothénot y de Hansen, entre otros.
- Existen casos mixtos como el método de "Intersección Lateral", en el cual se mide desde un punto conocido y desde uno desconocido.

Actualmente, los equipos de estación total permiten realizar una operación que se denomina "estación libre". Desde un punto desconocido se miden direcciones a tres puntos (o más) conocidos y el equipo calcula la posición del punto de estación, esta es una aplicación del método de Pothénot. Si se incorpora medición de distancias la cantidad mínima de puntos puede reducirse a solamente dos. En el último caso ya no sería un método de intersección puro, dado que se incorpora la medición de distancias. La técnica de "estación libre" es de uso muy extendido y agiliza notablemente las tareas de campo, dado que hace innecesario estacionar el instrumento sobre puntos medidos con anterioridad.

Como característica general tienen las triangulaciones:

- Cubren el conjunto del territorio con una red de puntos de la misma precisión.
- Sus puntos están se denominan vértices.
- Son semejantes a las triangulaciones geodésicas de menor orden.
- Existen controles sobre la calidad del trabajo.

La densidad de los puntos sobre el terreno medidos por una triangulación no es suficiente para apoyar sobre ellos otras tareas topográficas como por ejemplo relevamientos de puntos de interés. Por lo que suelen medirse poligonales topográficas para realizar una densificación del marco de referencia.

Actualmente, los trabajos necesarios para construir un marco de referencia suelen realizarse con técnicas GNSS. Dada una zona de relevamiento, salvo que sea muy reducida, es más conveniente establecer una primera red de puntos trabajando con receptores GNSS. Esta red será medida y ajustada conformando un marco de referencia que puede estar vinculado a la red

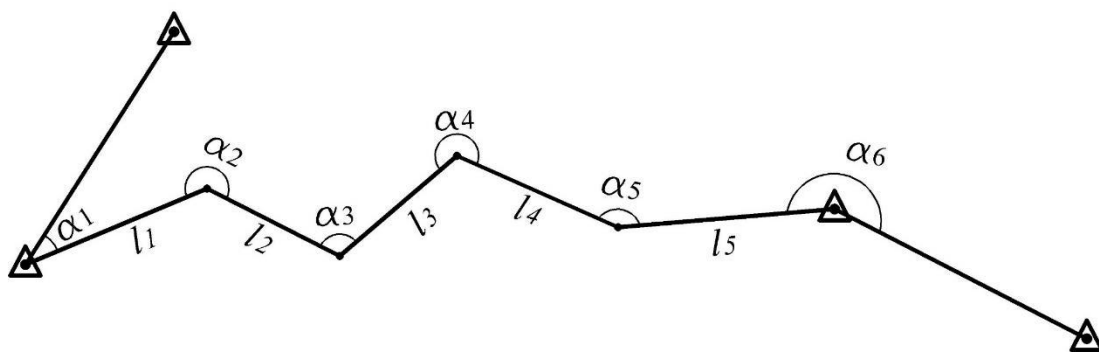
POSGAR07. Posteriormente, los puntos de esta red podrán utilizarse para apoyar un relevamiento con estación total, o de ser necesario, realizar una segunda densificación.

El surgimiento de los distanciómetros digitales y su posterior integración en los equipos de estación total, prácticamente han convertido en innecesarios a los métodos que se basan en la medición exclusiva de ángulos. No obstante ello, los métodos de triangulación aún suelen aplicarse en casos especiales donde la distancia no puede ser medida con la precisión suficiente.

A diferencia de los métodos de triangulación que solamente se miden ángulos, en los métodos de poligonación se miden además distancias. Mediante los métodos de poligonación se enlazan puntos de orden superior (conocidos) con una línea quebrada en la cual la posición de los vértices es definida por la medición del ángulo en cada uno de esos puntos y de la distancia entre los puntos consecutivos. Los enlaces a los puntos conocidos proporcionan los controles de medición indispensables.

Figura 7.2

Poligonal. Medición de ángulos α_i y de distancias d_i .



Las poligonales pueden cerrarse sobre el mismo vértice de inicio, constituyendo un polígono cerrado, o pueden comenzar en un punto y finalizar en otro. En cualquiera de los dos casos, las mediciones deben permitir los controles de cierre suficientes para garantizar la calidad del trabajo.

Las mediciones angulares realizadas para este método son menos rigurosas que en una triangulación, pero se realizan de forma más rápida; utilizando el método de Bessel se logra la precisión suficiente. Las distancias deben medirse en ida y vuelta, ya sean mediciones electrónicas o con cinta de Agrimensor.

Con las poligonales se busca una mayor velocidad de trabajo que con una triangulación, pero se reduce la precisión, no obstante, al apoyarse en puntos de mayor orden se pueden realizar los controles (o también ajustes) que permiten establecer la calidad del trabajo.

Cuando en una zona la cantidad y distribución de los puntos de un marco de referencia no es suficiente, puede utilizarse una poligonal para medir nuevos puntos y densificar la red. Una vez obtenida la cantidad de puntos conocidos suficientes en el lugar puede iniciarse el relevamiento topográfico.

El objetivo de las triangulaciones y las poligonales es el de distribuir sobre el terreno una red o redes de puntos fijos pertenecientes a un mismo marco de referencia. Estos son trabajos necesarios para apoyar tareas de relevamiento o de replanteo.

En el ámbito de la planimetría, cuando se realizan relevamientos del terreno, unos de los métodos más utilizados es el de radiación. Mediante la medición rápida de una dirección (en CI) y de una distancia es posible establecer la posición (coordenadas XY) de un punto en un marco de referencia. En muchos trabajos, como por ejemplo relevamientos con fines catastrales, la altura de los puntos no es de interés, siendo únicamente requerida la posición planimétrica de los objetos del terreno. Una de las alternativas más empleadas actualmente es el relevamiento con estación total, el cual aplica el método de radiación planimétrica.

Método de Radiación

Consiste en el levantamiento desde un vértice (punto de estación), de toda la superficie circundante, limitada por el alcance del instrumento en las condiciones de precisión requeridas; y por los obstáculos a las visuales. Los puntos levantados se denominan "puntos de interés" y se vinculan con la estación por medio de su distancia y acimut de la línea visual. Este procedimiento puede ser utilizado en cualquier tipo de terreno.

Cada punto queda definido en coordenadas polares por su acimut y distancia al vértice. Trabajando con una estación total, el acimut se calcula con la medición de una dirección y la distancia se mide electrónicamente.

Antes de comenzar un levantamiento planimétrico por el método de radiación es necesario contar con al menos dos puntos de coordenadas XY conocidas (idealmente tres para tener un control del trabajo). Dado que en la zona de trabajo es poco frecuente contar con esa cantidad de puntos conocidos (o puntos fijos) es que se apela a los métodos de triangulación y poligonación para densificar las redes regionales.

Dado un punto origen y una línea de referencia, el método de radiación consiste en vincular los puntos de interés mediante coordenadas polares. Si se posiciona una estación total sobre un punto fijo y se define una línea hacia otro punto fijo mediante una dirección, pueden ser vinculados a dicha referencia, mediante coordenadas polares, los puntos de interés necesarios. Las coordenadas polares de cada punto levantado se corresponden con la distancia horizontal y la dirección medidas en cada uno. Posteriormente, se realizan los cálculos necesarios para realizar la conversión del sistema de coordenadas polares a un sistema de coordenadas rectangulares XY.

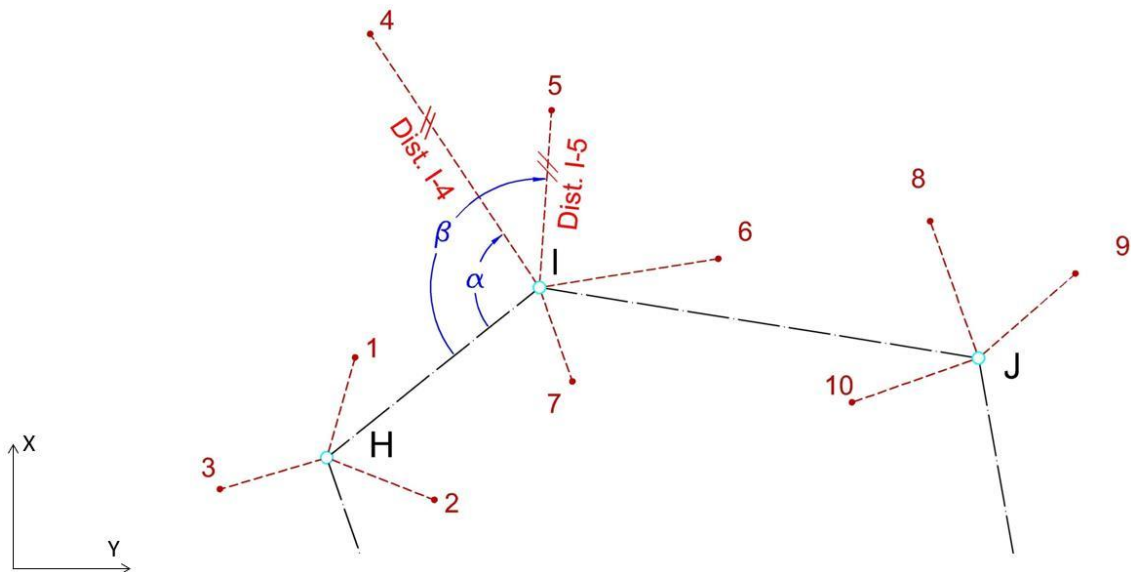
Para la representación gráfica de los puntos es más convenientes contar con sus coordenadas rectangulares. Lo más habitual (y prácticamente de rigor) es la representación gráfica en programas de CAD o de SIG, para realizar la carga de puntos de forma eficiente conviene que contar con las coordenadas rectangulares en algún formato de archivo de intercambio (xls, xlsx, txt, csv, entro otros). Por lo tanto, en campo se trabaja con un sistema de coordenadas polares

y luego en gabinete se realiza la transformación a coordenadas rectangulares XY. También es muy común, al trabajar con estaciones totales, que los cálculos topográficos necesarios para la conversión de un sistema a otro, los realiza de forma automática el equipo.

A modo ilustrativo se analizará el siguiente caso. En una zona de trabajo se dispone de una serie de puntos fijos de coordenadas XY conocidas H, I, J. Se requiere hacer un relevamiento topográfico de 10 puntos de interés planimétrico. La situación se ilustra en la figura 7.3.

Figura 7.3

Radiación apoyada sobre los puntos H, I, J de una poligonación.



El trabajo se planifica de la siguiente manera:

- Los puntos 1, 2 y 3 se levantan con una estación sobre el punto conocido H, a partir de la referencia que constituye la línea HI,
- mientras que los puntos 4 a 7 se miden desde una estación sobre I, a partir de la línea IH y
- finalmente los puntos 8, 9 y 10 se relevan desde una estación en el punto J tomando como referencia la línea JI.

Como caso ejemplificador se analizarán los puntos 4 y 5. Con una estación total sobre el punto I se comienza el trabajo midiendo la dirección al punto H, generando de ese modo una referencia. Luego se mide la dirección al punto 4 y la distancia reducida al horizonte también a dicho punto. A continuación, se miden las mismas magnitudes para el punto 5. Es necesario destacar que la estación total no mide la distancia horizontal, sino que la calcula a partir de la distancia geométrica y el ángulo vertical, pero para simplificar esta explicación omitiremos momentáneamente esa parte.

Volviendo al punto de interés denominado con el número 4, a partir de las direcciones medidas puede calcularse el ángulo:

$$\alpha: H\hat{I}4$$

Recordando que en este método alcanza con medir únicamente en círculo izquierda (CI). Luego puede ser calculado el acimut (I4):

$$(I4) = (IH) + \alpha$$

El acimut (IH) es posible de calcularse dado que son conocidas las coordenadas XY de ambos puntos.

Dado que la distancia horizontal entre los puntos I y 4 se obtuvo con la estación total, es posible calcular:

$$\Delta x_{I4} = \bar{I4} \cos(I4)$$

$$\Delta y_{I4} = \bar{I4} \operatorname{sen}(I4)$$

Luego, se calculan las coordenadas rectangulares del punto 4 a partir de las coordenadas conocidas del punto I:

$$X_4 = X_I + \Delta x_{I4}$$

$$Y_4 = Y_I + \Delta y_{I4}$$

Del mismo modo pueden ser calculadas las coordenadas del punto 5 a partir de contar con el ángulo β y la distancia $\bar{I5}$. Aplicando la misma metodología se pueden relevar los 10 puntos desde las estaciones en H y J. Dado que los puntos H, I, J pertenecen al mismo marco de referencia, los resultados de la radiación, las coordenadas planas de los puntos de interés estarán en el mismo marco de referencia. Trabajando de este modo, puede conseguirse un modelo matemático que representa la ubicación de los puntos levantados, se obtiene la posición relativa de dichos puntos.

Para tener cierto control sobre el trabajo realizado, es conveniente medir como si fuera desconocido, alguno de los puntos conocidos. En el ejemplo analizado, se tomaron como referencia los puntos I y H, y desde ellos se realizaron las mediciones, en ese caso se puede medir para control el punto J. En una instancia posterior, este punto se calcula como punto de interés y pueden compararse las coordenadas obtenidas con las que se tenían a priori como dato; las diferencias obtenidas deben ser menor a la tolerancia de trabajo establecida. En el método de radiación no es posible tener controles sobre todos los puntos medidos, pero al menos debe tenerse un punto de control por cada estación.

Referencias

1. Francisco DOMÍNGUEZ GARCÍA-TEJERO. Topografía General y Aplicada. 13 edición. Ediciones Mundi-Prensa. 2002.