

# DISEÑO, ANÁLISIS DE PRECISIÓN Y AJUSTE DE REDES TOPOGEODÉSICAS

## NETWORK DESIGN, ACCURATE ANALYSIS AND ADJUSTMENT

**María Virginia Mackern**

Ingeniera Agrimensora, se graduó en 1993, en la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, donde desarrolló una beca de investigación en el tema: Análisis de Precisión y Diseño de Redes Topogeodésicas. Se especializó en el tema GPS, en la Universidad Nacional de La Plata. A partir de 1995 se encuentra estudiando el tema Parámetros de transformación, entre los Sistemas de referencia, Inchauspe'69 y WGS'84, para la Provincia de Mendoza, en la Unidad de Aplicaciones Geodésicas y Gravimétricas, IANIGLA.

*Graduated as engineer in surveying in 1993 from the Universidad Nacional de San Juan, where she worked with a research grant on the Subject: Precision Analysis and Design of Topogeodetic Nets. Her specialization on GPS was done at the Universidad Nacional de la Plata. From 1995 on she works at the Unit of Geodetic and Gravimetric Applications, IANIGLA, with a grant from CONICET, on the subject: Transformation parameters among the Reference Systems Inchauspe'69 and WGS'84 for the Province of Mendoza. (English version by M.E. Soler).*

### María Virginia Mackern

Las redes topogeodésicas son utilizadas ya sea como apoyo en grandes obras de Ingeniería, o bien como referencia física para una moderna Base de Datos Catastral. Las redes topogeodésicas se emplean también en la georreferenciación de todo tipo de cartografía o también en la determinación de movimientos corticales.

En este trabajo se analizan dos etapas de importancia en la confección de una red:

#### 1) El diseño de redes y su correspondiente análisis de precisión.

#### 2) La compensación de redes topogeodésicas.

**El diseño de una red**, consiste en un riguroso análisis de precisión y optimización antes de efectuar su medición.

En el pasado el único método para el establecimiento de redes de control topogeodésico era la triangulación (medición de ángulos). Actualmente además de la triangulación se puede hacer uso de los distanciómetros electromagnéticos y realizar trilateración (medición de distancias) o diseñar sistemas de medición combinados. Asimismo las modernas técnicas de posicionamiento satelital, como el sistema GPS, surgen hoy en día como una herramienta muy poderosa, en la determinación

de posiciones de puntos a través de coordenadas.

El análisis de precisión permite tomar decisiones respecto al diseño a seleccionar, ya que la exactitud a alcanzar en las coordenadas de los puntos de una red, dependerá del error con que se conozcan las coordenadas de los puntos de vinculación, de la distribución de los puntos de la red, de las características del instrumental de medición y de los métodos de observación.

Un análisis de precisión podría indicar que una trilateración sería suficiente para alcanzar el nivel de precisión deseado, sin la necesidad de realizar una Triangulación reduciendo el tiempo y los costos del trabajo de campo.

En síntesis, la etapa del diseño permite ensayar varios tipos de redes, combinándolas con instrumental de diferentes características, hasta lograr la RED OPTIMA, o sea aquella que cumple con los requisitos de exactitud, con la menor cantidad de mediciones posibles y reduciendo el costo del proyecto (**Fig. 1**).

**La compensación de redes** se efectúa cuando se tienen mediciones superabundantes, es decir cuando se han medido más elementos que los estrictamente necesarios. Este proceso permite mejorar

*Topogeodetic networks are used as a basic reference for large-dimension engineering construction, as reference for a modern Cadastral Data Base, in the georeferentiation of all kind of cartography, and to determine distortions in the earth crust.*

*Two important stages in developing a topogeodetic network are analyzed in this paper:*

#### 1) The network design and its analysis of precision

#### 2) The topogeodetic networks adjustment.

*The net design consists of a rigorous analysis of accuracy and the optimization of measurements previous to fieldwork.*

*The method traditionally used to establish the control of topogeodetic network was triangulation. Now, electromagnetic distanciometers can be used to measure the distances or the combined measure systems. Modern techniques, such as GPS (satellite positioning), constitute powerful tools to determine the position of a point through coordinates.*

*The analysis of accuracy allows to decide about the design to be chosen. The accuracy in point coordinates depends on the error associated with the*

*control point coordinates, the distribution of the network points, the characteristics of measuring instrumental and the observation methods. For example, the analysis of accuracy may indicate that the measuring of distance is enough to achieve a required level of precision without the need of executing a triangulation; thus reducing time and cost of the fieldwork.*

*In summary, the network design allows to test different kinds of network and to combine instrumental of diverse characteristics to reach the best network alternative. Consequently, the required accuracy is met with the minimum number of measurements, which substantially reduces the cost of the project.*

*The network adjustment is carried out when the available measurements are abundant. This process increases the accuracy of final results. An effective adjustment could be necessary in different situations:*

1) *When the objective is to obtain the coordinates of a net of points where there are superabundant measurements to determine its relative position.*

2) *To increase the density of an actual network taking as a reference the coordinates of a*

apreciablemente la precisión de los resultados finales.

Un proceso eficiente de compensación puede ser necesario en diversas situaciones:

- 1- Cuando el objetivo es obtener coordenadas de los puntos de una red, en la que se han realizado medidas superabundantes, de forma de poder conocer su posición relativa.
- 2- Cuando se desea densificar una red a partir de las coordenadas de un conjunto de puntos de control.
- 3- Cuando se requiere homogeneizar en una sola red varias redes que han sido medidas y compensadas en forma aislada.

El producto final de éstas tareas consiste en la obtención de las coordenadas planas definitivas de los puntos con sus correspondientes precisiones y también las observaciones ajustadas o compensadas una vez obtenidas sus correcciones o residuos (**Fig. 1**).

### METODOLOGÍA

La etapa de diseño requiere de una carta de la zona sobre la cual se ubican los puntos de vinculación y los puntos propios de la red, conocer las precisiones del instrumental topogeodésico, y contar con una computadora con programas elaborados en base a los algoritmos del diseño, tales como Método de Mínimos Cuadrados, Matriz de Varianza-Covarianza y otros.

Analizada la precisión de distintos diseños y seleccionado el óptimo, tiene lugar la etapa de replanteo, marcación y medición de la red.

Es importante tener en cuenta que las mediciones efectuadas en la superficie terrestre, deben ser reducidas a la superficie geodésica de referencia, por

ejemplo al Elipsoide Internacional y luego efectuar una segunda reducción a la carta, por ejemplo al plano de proyección Gauss-Krüger.

Con las observaciones reducidas al plano de proyección se está en condiciones de efectuar el ajuste o compensación de la red para lograr las coordenadas definitivas de sus puntos y el error con que han sido determinadas. (**Fig. 1**)

Como se puede apreciar este método es aplicable en todo tipo de redes topogeodésicas, independientemente del método de medición empleado, lo cual es índice de la practicidad, generalidad y eficiencia del método, tanto en el diseño y análisis de precisión como en el ajuste.

group of control points.

3) When it is required to homogenize several networks that have been measured and adjusted independently.

The final product of this adjustment will be a set of definitive point coordinates with their corresponding accuracy values, and the adjusted observations once their corrections or residuals have been obtained. (**Fig. 1**).

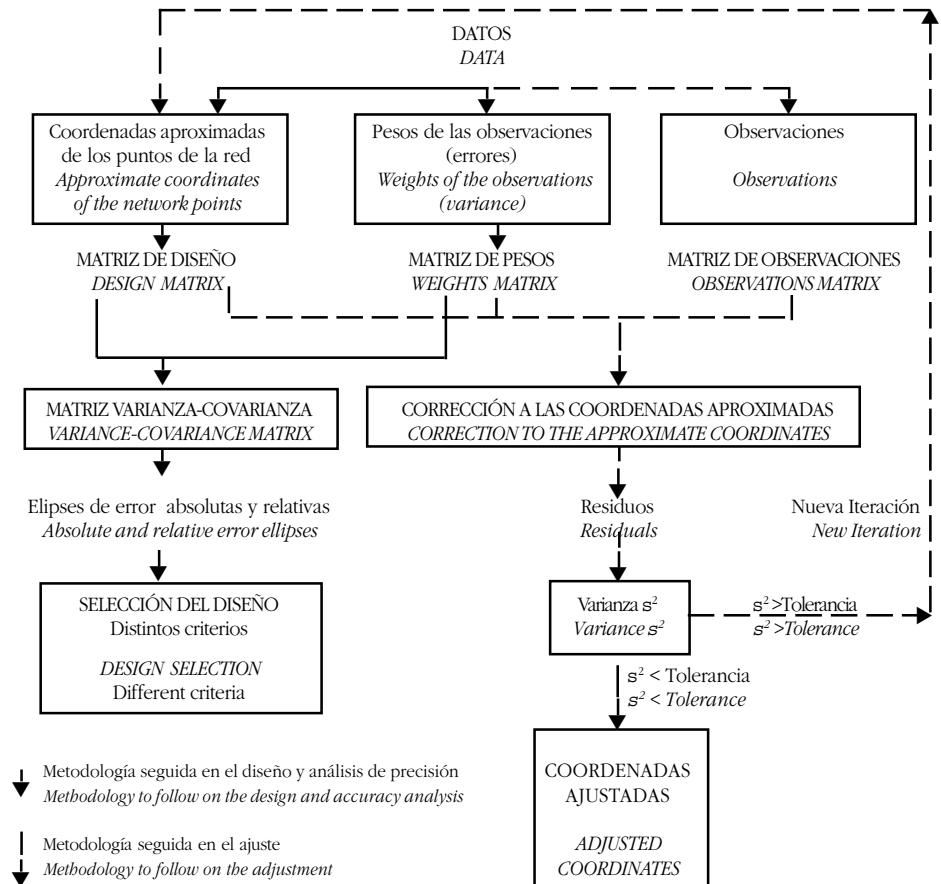
### METHODOLOGY

The design requires a topographic map of the region to locate the linking points and the network points, to know the accuracy of the topogeodetic instruments, and a computer with programs based on the design algorithms such as Least Squares, Variance-Covariance Matrix, and others.

Once the accuracy of the different designs has been analyzed, and the optimum design has been selected, it is followed by the restating, marking and measuring of the network.

The measurements on the earth surface have to be reduced to the geodetic reference surface (e.g., the International Ellipsoid), and then to a cartographic projection (such as the Gauss Krüger projection). Finally, with the observations reduced to the topographic map it is possible to adjust the network to obtain the definitive coordinates of the points and their accuracy. (**Fig. 1**).

This method may be applied to different kinds of topogeodetic networks, independently of the measuring method used. This method, can also be used for the design and precision analysis, as well as in the adjustment.-



**Fig. 1:** Esquema del modelo matemático para llevar a cabo el diseño, análisis de precisión y ajuste de redes

**Fig. 1:** Scheme of the mathematic model in order to develop the design, analysis of accuracy and networks adjustment