



EVALUACIÓN DE MÉTODO DE MEDICIÓN DE UN POLÍGONO CON ESTACIONES TOTALES MEDIANTE ESTUDIOS DE REPETITIVIDAD Y REPRODUCIBILIDAD EN EL SENA COMPLEJO NORTE MEDELLÍN ¹

Múnera Zapata Julián Andrés ²

RESUMEN

Se realizan una serie de mediciones sobre un polígono base de seis puntos en el cual se determinó que era necesario el uso de dos estaciones totales con diferentes precisiones con la finalidad de determinar el método y la forma de elevar no solo la precisión angular, si no la precisión lineal de un polígono cerrado, por lo tanto se requirieron la ubicación de 6 mojones de manera estratégica y de la calibración de dos estaciones totales de diferentes fabricantes para realizar las medidas y métodos a evaluar, como lo son la repetitividad y la reproductividad.

Palabras claves: Topografía, poligonal cerrada, precisión Lineal, precisión angular repetitividad, reproducibilidad.

ABSTRACT

A series of measurements on a polygon with 6 base points were carried out. By doing so, it was determined that the use of 2 total stations with different precision was required to define the method and the way to increase not only the angular precision, but also the linear precision of a closed polygon. Therefore, the strategic placement of 6 landmarks was necessary, as well as the calibration of two total stations from different manufacturers in order to take the measurements and methods to be assessed, such as repeatability and reproducibility.

Keywords: Topography, closed traverse, linear precision, angular precision, repeatability, reproducibility.

1. Artículo derivado de los Programas de Formación de la Tecnología en Topografía del Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción del SENA Regional Antioquia.

2. Julián Andrés Múnera Zapata, Constructor Civil Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Correo Electrónico: jamunera6@misena.edu.co. Medellín Antioquia

1. INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías desarrolladas en los sistemas de medición topográficos, han ido mejorando la forma de realizar levantamientos de información y ubicación espacial de estructuras en la construcción, estas redes de levantamiento topográfico se realizan inicialmente bajo un polígono cerrado que se toma como base, se deben ubicar los puntos principales que conforman dicha red, el cual cumple una función fundamental que es tener una información precisa del área o terreno donde se realiza el proyecto. (“Consideraciones Sobre La Exactitud de Las Redes de Levantamiento Topográfico,” 2013).

Todo proyecto de construcción requiere de tener datos precisos del terreno ya que la ubicación es fundamental al momento de hacer las ubicaciones de las zonas que se requieren construir, por lo tanto se debe conocer muy bien métodos ayuden a realizar esta labor cumpliendo el objetivo, la poligonación es uno de ellos, ya que nos permite tener las medidas a escalas del terreno a intervenir. (Navarro Carrión & Ramón Morte, 2013).

La poligonometría es uno de los métodos de densificación que se implementa en la topografía, ayudadas de nuevas tecnologías inmersas la proceso (estaciones totales), cada equipo a utilizar para estas mediciones tienen sus ventajas y desventajas en cuanto a longitud, distancia máxima y exactitud, lo cual se tiene en cuenta al realizar proyectos de este tipo, por lo que se pensó realizarlo con equipos de diferente precisión para lograr un trabajo con precisión que es lo que se necesita en una red poligonal. (Ulloa, 2014).

En este estudio se relaciona información relacionada con el levantamiento de una poligonal cerrada de seis puntos, los datos que se colectan en campo son ángulos cenitales y horizontales, además distancias inclinadas; dicha información fue validada por medio de procesos de repetitividad y reproductividad, garantizando de esta manera la fiabilidad de los datos para realizar los procedimientos de cálculo, y así obtener una precisión en el proceso de medición que sea posible y alcanzable.

El complejo norte del SENA en Medellín ha perdido la red poligonal con la que se contaba inicialmente, por múltiples construcciones que se realizaron durante el tiempo y en especial con la construcción de una estación de metro

cable, por este motivo se requiere contar con una red para determinar algunas variaciones que se piensan realizar en construcciones futuras.

2. METODOLOGÍA

Desde la concepción de este proyecto la cual nació de diversas discusiones en el ambiente de formación y en la prácticas de campo con los aprendices de la Tecnología en Topografía, se optó por validar los procedimientos que se realizan en campo, que consisten en el levantamiento de la información de una poligonal cerrada con datos como ángulos y distancias, que se requieren para el cálculo posterior de las coordenadas y elevación, proceso en el cual solo se realiza una lectura en cada punto de estación.

Se estableció un polígono cerrado debidamente amojonado con 6 deltas ubicados de manera estratégica que permitan cualquier tipo de verificación en campo y con una regularidad geométrica que permita la validación de los datos calculados. Se determinaron como equipos más apropiados dos estaciones totales cuyas referencias son la Topcon ES102 y con una precisión angular de 2" y Sokkia 550 RX y con una precisión lineal de 5", son equipos comerciales, con la finalidad de ver en condiciones normales que precisión se logra obtener.

En el proceso de medición y registro de los datos se utiliza la metodología R y R (Repetibilidad y Reproducibilidad) para los cuales tenemos las siguientes definiciones. Repetibilidad: Qué tanto de la variabilidad en el sistema de medición es causada por el dispositivo de medición. Reproducibilidad: Qué tanto de la variabilidad en el sistema de medición es causada por las diferencias entre los operadores. Si la variabilidad del sistema de medición es pequeña en comparación con la variabilidad del proceso. Si el sistema de medición es capaz de distinguir entre partes diferentes (Minitab, LLC. , 2019).

De esta manera los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones están basados en la evaluación estadística de las dispersiones de los resultados, ya sea en forma de rango o su representación como varianzas o desviaciones estándar. Los métodos que se utilizan son: Rango, Promedio y Rango, y ANOVA (análisis de varianzas) (Llamasa R., 2007).

Para el control estadístico del proceso se requirió contar con los datos exactos y Precisos de cada una de las mediciones realizados con su respectivo registro; sin embargo, en todos los datos hay errores de medición, dado en que por teoría de errores en el oficio de la topografía son precisión mas no exacta frente la rigurosidad matemática o geometría. Por ello todo valor observado está constituido por dos elementos:

$$\text{Valor Observado} = \text{Valor Real} + \text{Error en la Medición}$$

La variación se produce como consecuencia del proceso y de la medición, por lo tanto:

$$\text{Variación Total} = \text{Variación del producto} + \text{Variación por Medición}$$

A su vez, la variación por su medición se compone de repetibilidad (originada por la variación en el equipo) y reproductividad (variación causada por el evaluador o por Inspector), a lo anterior se le conoce como R&R o Repetibilidad y Reproducibilidad.

Recopilación de datos

La cantidad de repeticiones en las mediciones, evaluadores o intentos de medición puede variar, se considera como cantidad óptima 10 partes, 2 o 3 evaluadores y 2 o 3 intentos. Las lecturas se obtienen eligiendo en forma aleatoria la se cuenta de partes de cada intento, por lo cual se determina que al tener dos equipos de diferente precisión y de esta manera dos observadores, y 10 repeticiones por punto de armada, genera una trazabilidad en el proceso.

Una vez se establece el procedimiento para la recolección de datos, realizamos las mediciones en campo, para el cual recolectamos datos como altura del Instrumento, altura de prisma, ángulos Horizontales y Cenitales, Distancia inclinada, bajo condiciones de temperatura promedio de 24 °C con una Presión atmosférica promedio de 640 mm Hg (0,84 atm). Cada medición se realizó a una altura instrumental diferente, permitiendo una variación en los ángulos verticales y las distancia inclinadas que se coleccionan.

Una vez tabulados los datos colectados de las dos estaciones, procedemos a realizar los diferentes cálculos como los son el ajuste por peso angular, para el cual el error angular se distribuye según el valor de cada ángulo en cada uno de los vértices de la poligonal, lo cual arroja la siguiente formulación:

$$\frac{\text{Corrección angular A}}{\text{Error angular}} = \frac{\text{Ángulo}_A}{\Sigma \text{Angular}}$$

Para el cálculo de la tolerancia angular de alta precisión del trabajo se procede con la siguiente formulación:

$$TA = a \pm \sqrt{n}$$

$$\begin{aligned} \text{Tolerancia Angular} &= TA \\ \text{Precisión del Equipo} &= a \\ \text{Número de Vértices} &= n \end{aligned}$$

Para el cálculo de la tolerancia angular estándar de precisión del trabajo se procede con la siguiente formulación:

$$TA = a * n$$

El ajuste lineal se realiza por la regla de la brújula o de Bowditch la cual se fundamenta en la suposición de la calidad de las mediciones angulares y las de distancias es aproximadamente la misma como sucede en los trabajos con equipo de medición electrónica de distancias, además de suponer que también los errores son accidentales, y que, por lo tanto, que el error total en un lado particular de la poligonal es directamente proporcional a su longitud. Su formulación es la siguiente (McCormac, 2007, pág. 205).

$$\frac{\text{Corrección en proy. } Y_{AB}}{E_Y} = \frac{L_{AB}}{\text{Perímetro}}$$

$$\frac{\text{Corrección en proy. } X_{AB}}{E_X} = \frac{L_{AB}}{\text{Perímetro}}$$

Todos los cálculos se realizaron en Microsoft Excel herramienta la cual permitió automatizar gran parte de lo proceso luego de tener tabulada toda la información.

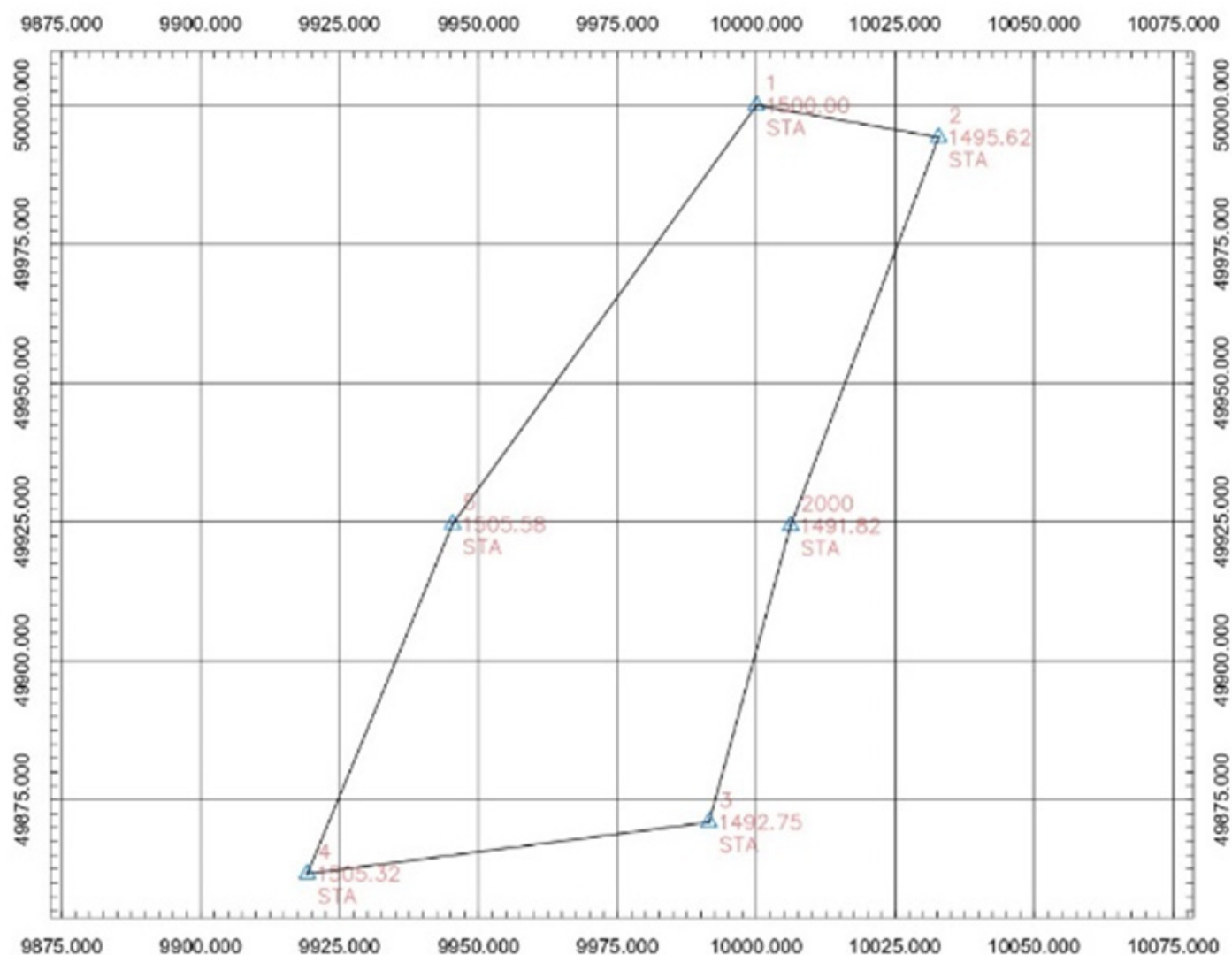


Figura 1. localización de polígono.

Fuente: Elaboración propia de autor

3. RESULTADOS

Al realizar los procesos de repetitividad y reproducibilidad se logró aumentar la precisión tanto angular como lineal, y es pertinente tener en cuenta varios aspectos importantes en este tipo de procesos, y el primero es la distancia para tomar línea, con el fin de mejorar este proceso se referencia en un punto sobre la misma línea con la finalidad de mejorar el tema de lecturas.

En la siguiente tabla se relacionan los resultados de diferentes datos que se requieren para el análisis cuantitativo de este proyecto, dado que todo se termina relacionando finalmente con distancias y ángulos.

Datos calculados	Equipo 1	Equipo 2
Precisión Angular del Instrumento	5"	2"
Tolerancia Angular de alta precisión	2.45"	2.44"
Tolerancia Angular estándar de precisión	30"	12"
Error angular	3.40"	5.54"
	Cumple	Cumple
Error Proy. X	-0.0183363	-0.0165493
Error Proy. Y	0.01966089	0.02569882
Error lineal	0.02688441	0.02569882
Precisión lineal	1:14785.9592	1:15468.0953

Tabla 1. Comparación entre equipo.
Fuente: Elaboración propia de autor

La Tolerancia Angular estándar de precisión cumple, y no se logra Tolerancia Angular de alta precisión dado a que la distancia entre los puntos 1 y 2 es muy corta para este caso particular inferior a 35 metros, lo cual genera un error tangencial y no permite llegar a esta precisión.

Es necesario recordar en nuestro medio, para el caso particular del municipio de Medellín que para presentar amarres a la red geodésica es necesario cumplir con una precisión lineal mínima de 1:5000 por lo cual estamos

cumpliendo con lo que un ente como planeación municipal exige para trabajos que van direccionados para el sector de la construcción y la infraestructura, sin embargo, es necesario tener presente que para trabajos con como ensamble de piezas mecánicas se requieren precisiones mayores a 1:10000, para lo cual estamos cumpliendo, con el equipo 1 la precisión lineal es 1:14785.9592 lo cual quiere decir que por cada metro tenemos un error de 0.000067 metro, y para el equipo 2 la precisión lineal es 1:15468.0953 lo cual quiere decir que por cada metro tenemos un error de 0.000065 metro, y esto nos indica un error en medición por debajo de las decimas de milímetro.

4. CONCLUSIONES

Es necesario no solo conservar la regularidad angular del polígono, sino también realizar una toma de distancias que sean mayores a 50 metros, es con la finalidad de reducir el error tangencial que se puede dar en las lecturas angulares, pues la cercanía entre los puntos en un equipo de alta precisión repercute en mayor grado de incertidumbre en las mediciones angulares, y no nos permite llegar a la Tolerancia Angular de alta precisión.

El procedimiento de medir ángulos y distancias 10 veces por punto de armado o estación, nos da mayor confiabilidad en los datos, permitiendo tomar decisiones como la escogencia del valor más probable o el promedio angular.

Los equipos que se utilizaron para este proyecto fueron equipo que estaban calibrados en los tiempos establecido, sin embargo, dado a que son equipos que están en el desarrollo de actividades de formación, queda algo de incertidumbre dado a que no sabemos cuál es el trato o manejo del equipo.

Este tipo de trabajos y procedimiento permiten generar mayor grado de confiabilidad en las distancias, ángulos, coordenadas y elevaciones de esta poligonal establecida, que, en el marco del desarrollo de un programa de formación como topografía, no da el insumo para trabajar con nuestros aprendices y exigir resultados que sea pertinentes con las precisiones requeridas.

5. RECOMENDACIONES

El paso a seguir es establecer a partir de sistemas GNSS con método de trabajo estático las coordenadas georreferenciadas del este polígono, con la finalidad de que podamos trabajar con coordenadas georreferenciadas en el sistema MAGNA SIRGAS Bogotá Zone.

Entre más rigurosos seamos con la escogencia del personal, el cuidado de los equipos, realizando las mediciones en los procesos de medición de factores ambientales como la presión temperatura, lograremos mejores resultados en la obtención de altas precisiones de tipo angular y lineal.

REFERENTES BIBLIOGRÁFICAS

Llamosa R., L. E. (2007). Estudio de repetibilidad y reproducibilidad utilizando el método de promedios y rangos para el aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración de acuerdo con la norma técnica NTCISO/ IEC 17025. Dialnet, 456.

McCormac, J. (2007). Topografía. Mexico: Limusa Wiley.

Minitab, LLC . (2019). Minitab. Obtenido de Minitab: <https://support.minitab.com/es-mx>
Consideraciones sobre la exactitud de las redes de levantamiento topográfico. (2013). Minería y Geología, 29(3), 56–64.

Navarro Carrión, J. T., & Ramón Morte, A. (2013). Importancia de los procesos de validación topológica en la gestión de alteraciones catastrales. Investigaciones Geográficas, 60. <https://doi.org/10.14198/ingeo2013.60.07>

Ulloa, A. (2014). Nuevas herramientas, tecnologías y técnicas aplicadas en las ciencias geológicas: Panorama actual y perspectivas futuras. Revista Geológica de América Central. <https://doi.org/10.15517/rgac.v0i0.16580>