

POLÍGONO PATRÓN PARA EL DESARROLLO DE LA TOPOGRAFÍA EN LA UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

PATRON POLYGON FOR THE DEVELOPMENT OF THE TOPOGRAPHY IN THE UNIVERSITY OF HOLGUIN

Luis Enrique Acosta González¹, Nicel Hernández Infante¹, Yasmany Rodríguez Pérez².

¹UHo, cuba, luis.acosta@uho.edu.cu, ¹UHo, cuba, nicel@uho.edu.cu, ²Geocuba Oriente Norte, cuba, geodesia.yas@holguin.geocuba.cu

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo presentar una herramienta de apoyo para la gestión de la calidad en la formación del profesional en el Departamento de Construcciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Holguín, a partir de los resultados obtenidos en el proyecto de investigación "Polígono Patrón para el desarrollo de la Topografía y sus disciplinas afines en las carreras de Ingeniería Civil y Licenciatura en Educación Construcción". Esta investigación resuelve la problemática de no contar con un polígono para la realización de las clases prácticas, que posibilitó el perfeccionamiento del trabajo metodológico y del proceso de enseñanza – aprendizaje en las asignaturas de Topografía (I y II), Proyectos Integradores (1 y 2) y Diseño Geométrico de Carreteras. Para la creación del Polígono Patrón se realizó el reconocimiento, la monumentación de los puntos, la medición y ajuste de la red de apoyo plano-altimétrica, que constituyen la plataforma para los trabajos de levantamiento topográfico, replanteo y control de obras, en las diferentes fases del proceso inversionista de una obra de ingeniería (estructural, vial e hidráulica). Estos resultados se sintetizan en una base de datos (x, y, z), obtenidos a partir de la combinación de los métodos tradicionales y las nuevas tecnologías (GNSS, Estación Total), que permiten realizar los análisis comparativos correspondientes, facilitan el trabajo de docentes, estudiantes y especialistas del sector empresarial, así como la ejecución futuros proyectos en el área de estudio.

Palabras clave: Polígono Patrón; Topografía; GNSS; Estación Total.

ABSTRACT

This work has as objective to present a support tool for the administration of the quality in the formation of the professional in the Department of Constructions of the Faculty Engineering of the University of Holguín, starting from the results obtained in the project "Patron Polygon for the development of the Topography and its related disciplines in the careers of Civil Engineering and Bachelor of Education Construction". This research solves the problem of not having a polygon for the realization of the practical classes that facilitated the improvement of the methodological work and of the teaching - learning process in the subjects of Topography (I and II), Integrative Projects (1 and 2) and Geometric Design of Highways. For the creation of the Patron Polygon it was carried out the recognition, the monumentation of the points, the measurement and adjustment of the plane - altimetry network, that constitute the platform for the works of the topographic surveying, location and control of works, in the different phases of the process investor of an engineering work (structural, road and hydraulic). These results are synthesized in a database (x, y, z), obtained starting from the combination of the traditional methods and the new technologies (GNSS, Total Station), that allow to carry out the corresponding comparative analyses, they facilitate the work of teachers, students and specialists of the business sector, as well as the execution futures projects in the study area.

Keywords: Patron polygon; Topography; GNSS; Total Station.

1. INTRODUCCIÓN

La Topografía tiene una gran importancia para el diseño, construcción de las obras de ingeniería y como disciplina es imprescindible para la formación del ingeniero civil, por tal motivo no se concibe la ejecución de una obra estructural, hidráulica y vial sin la aplicación de los métodos topográficos rigurosos durante las diferentes etapas de su proceso inversionista, dentro de los cuales se encuentran las tareas de levantamiento, control de obras y replanteo, para lograr la calidad de las mediciones y el ajuste de las mismas, para obtener una base de datos confiables para la realización de los diferentes trabajos en los procesos de construcción y explotación.

En la Universidad de Holguín Sede "Oscar Lucero Moya" se creó un polígono Patrón de Topografía como parte de un proyecto institucional para dar solución a la problemática de no contar con un polígono para la realización de las prácticas de Topografía y sus disciplinas afines, los resultados del proyecto han contribuido al perfeccionamiento del PEA en las carreras de Ingeniería Civil y Licenciatura en Educación Construcción.

2. METODOLOGÍA

La investigación se inicia en el 2016, para la creación del Polígono Patrón se seleccionó un área aproximada de 13.47 ha, que comprende el límite de la Sede "Oscar Lucero Moya" de la Universidad de Holguín. Como parte de la experimentación fundamental se empleó el método geodésico a partir de la combinación de los métodos tradicionales y las nuevas tecnologías de la Geomática (GNSS, Estación Total), se realiza el reconocimiento, la monumentación de los puntos, la medición y ajuste de la red de apoyo plano-altimétrica, que constituyen la plataforma para los trabajos de levantamiento topográfico, replanteo y control de obras, en las diferentes fases del proceso inversionista de una obra de ingeniería (estructural, vial e hidráulica).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales resultados obtenidos en las diferentes etapas del proyecto de investigación se sintetizan en una base de datos (x, y, z), obtenidos a partir de la combinación de los métodos tradicionales y las nuevas tecnologías (GNSS, Estación Total), que permiten realizar los análisis comparativos correspondientes, facilitan el trabajo de docentes, estudiantes y especialistas del sector empresarial, así como la ejecución futuros proyectos en el área de estudio.

3.1. Proyección del Polígono Patrón

El polígono patrón se encuentra emplazado alrededor del perímetro de la sede Oscar Lucero Moya de la Universidad de Holguín. Está formado por 11 puntos, que constituyen la base de apoyo plano-altimétrica para los diferentes trabajos topográficos. Figura 1.



Figura 1. Proyección del Polígono Patrón en la sede "Oscar Lucero Moya".

3.2. Reconocimiento y monumentación de los puntos del Polígono

Para la creación de la base de apoyo plano-altimétrica que conforma el polígono fue necesario realizar un reconocimiento de campo para definir el lugar más idóneo desde el punto de vista topográfico, para la ubicación de los puntos. Para su construcción se utilizaron chapas metálicas, que fueron empotradas en las aceras y contenes de las vías, para su identificación en el terreno se confeccionó la monografía de cada punto. Figura 2. (Rojas, 2017).

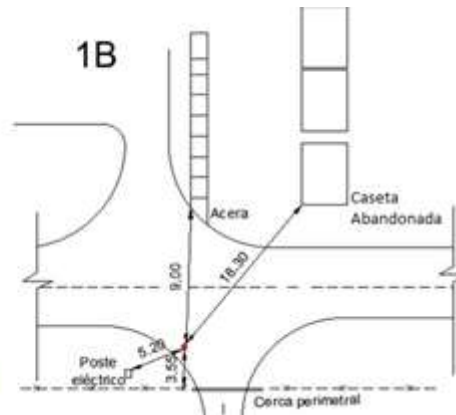


Figura 2. Punto del polígono y su monografía.

3.3. Mediciones de campo

Para la obtención de las coordenadas (x, y, z) de la base de apoyo plano-altimétrica fue necesario la realización de mediciones de campo por el método de la poligonación y la nivelación geométrica. La poligonación se ejecutó por métodos tradicionales y con el empleo de nuevas tecnologías, utilizando la estación total TS-11, equipo que de su clase es el más preciso en estos momentos que existe en el país, obteniendo como resultado las coordenadas patrones (x, y) . La altura patrón (z) , fue obtenida por la nivelación geométrica. Figura 3.



Figura 2. Mediciones de campo.

3.3.1. Poligonación

• Método tradicional

Las mediciones tradicionales se realizaron con el Theo 010B, por el método del ángulo aislado o separado en dos posiciones, aplicando la Regla de Bessel y cumpliendo con las Normas Técnicas establecidas (Geocuba, 2000), donde como aspectos principales durante la medición fueron chequeadas las diferencias del valor angular y de las distancias obtenidas entre las dos posiciones. Los resultados se muestran en la Figura 4.

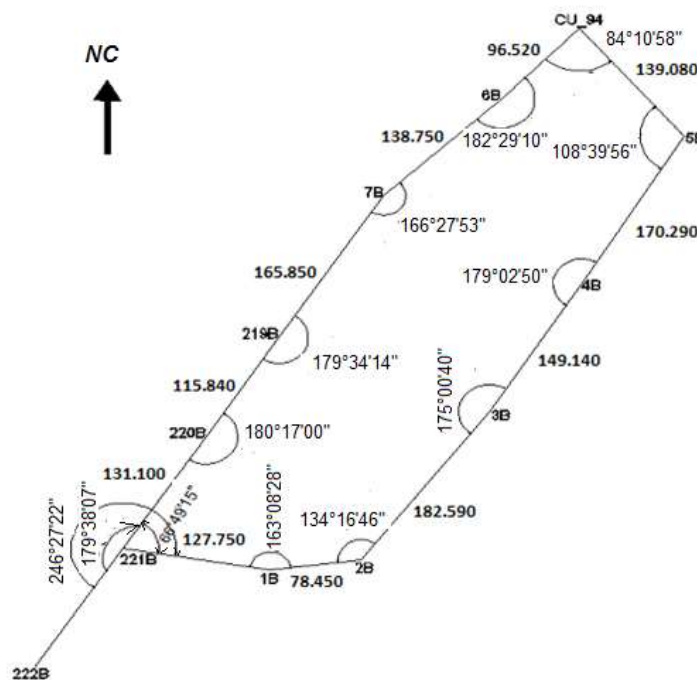


Figura 4. Croquis con los resultados de la medición de la poligonal.

A partir de las mediciones de campo se realizó el cálculo y ajuste de la poligonal, comenzando por la compensación angular y luego la lineal, siguiendo las instrucciones técnicas vigentes (Geocuba, 2000). Tabla 1.

Tabla 1. Poligonal por el método tradicional (X, Y). (Rojas, 2017).

Punto	Acimut (° ' ")	Distanci a (m)	Δx (m)	Δy (m)	Δx ajustada	Δy ajustada	Coordenadas (m)	
							x	y
222								
221	21306 34						561607.974	248791.174
1B	99 34 11	127.75	+125.97	-21.24	+125.96	-21.28	561733.934	248769.894
2B	82 42 55	78.45	+77.82	+9.95	+77.81	+9.92	561811.744	248779.814
3B	36 59 57	182.59	+109.88	+145.82	+109.86	+145.76	561921.604	248925.574
4B	32 00 52	149.14	+79.06	+126.46	+79.05	+126.41	562000.654	249051.984
5B	31 03 57	170.29	+87.87	+145.87	+87.85	+145.81	562088.504	249197.794
CU-94	319 44 09	139.08	-89.89	+106.13	-89.90	+106.08	561998.604	249303.874
6B	223 55 23	96.52	-66.96	-69.52	-66.97	-69.55	561931.634	249234.324
7B	226 24 49	138.75	-100.50	-95.66	-100.51	-95.71	561831.124	249138.614
219	212 52 57	165.85	-90.04	-139.28	-90.05	-139.34	561741.074	248999.234
220	212 27 26	115.84	-62.17	-97.74	-62.18	-97.78	561678.894	248901.494
221	212 44 41	131.10	-70.91	-110.27	-70.92	-110.32	561607.974	248791.174
222	213 06 34							
Σ		1495.36	+0.13	+0.52	0.00	0.00		

• Nuevas tecnologías

En el caso de las mediciones realizadas con la nueva tecnología "TS-11" se ajustó a partir de la opción novedosa POLIGONAL-PRO (MET 30-09:10), incorporada al paquete de programas de esta Estación Total. (Geocuba. "MAN 31: 2011). Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Coordenadas (x, y, z) obtenidas con la Estación Total "TS-11"(en metros).

Punto	x	y	z
219B	561741,025	248999,237	150.244
220B	561678,96	248901,65	148.843
221B	561607,936	248791,12	147.570
1B	561733,75	248769,94	147.042
2B	561811,695	248779,902	146.461
3B	561921,541	248925,645	145.101
4B	562000,469	249051,888	146.849
5B	562088,317	249197,800	148.367
6B	561931,405	249234,259	150.712
7B	561830,857	249138,421	150.396
CU94	561998,406	249303,900	152.699

Para las mediciones GNSS se utilizó la estación de referencia permanente que se encuentra en Geocuba, en los puntos del polígono fueron colocados los receptores y antenas GS-15 como puntos móviles (Figura 4), el procesamiento se realizó con el software Leica GeoOffice en su versión 8.4. La diferencia de las coordenadas (x, y) obtenidas respecto a la Estación Total (Patrón) refleja un valor constante de 0.20 m, lo cual es producto del reajuste de las coordenadas de la estación permanente durante la campaña GPS, la cual difiere en este valor con respecto a la base geodésica de IV Orden tomada como inicial en el área del Polígono Patrón. Este aspecto será objeto de futuras investigaciones en el área de estudio.



Figura 5. Mediciones GNSS.

3.3.2. Nivelación geométrica

Las mediciones altimétricas se realizaron por el método de la nivelación geométrica compuesta en dos puestas de instrumento, con un nivel H-3T y miras plegables y cumpliendo con las Normas Técnicas establecidas (Geocuba, 2000), donde como aspectos principales durante la medición fueron chequeadas las diferencias de los desniveles obtenidos entre las dos puestas de instrumento. El esquema del itinerario de la nivelación, con los diferentes puntos y los desniveles, se muestra en la Figura 6.

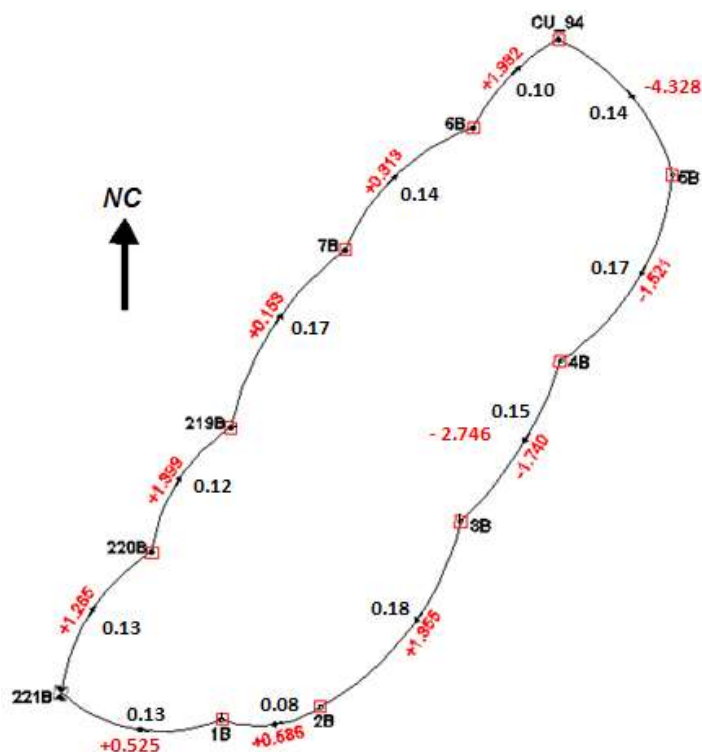


Figura 6. Esquema del itinerario de la nivelación.

En la Tabla 3 se muestran los resultados del cálculo de la nivelación geométrica de enlace, con los errores de cierres, los cuales se encuentran entre los límites fijados por las normativas vigentes para la nivelación técnica y al final se obtienen los valores patrones de las alturas ajustadas (z).

Tabla 3. Registro de ajuste nivelación geométrica.

Punto	D (km)	Δz (m)	Corrección (m)	Δz (ajustado)	Z (m)
221					147.570
1B	0.13	-0.525	-0.001	-0.526	147.044
2B	0.08	-0.586	-0.001	-0.587	146.462
3B	0.18	-1.355	-0.001	-1.356	145.104
4B	0.15	1.740	-0.001	1.739	146.835
5B	0.17	1.521	-0.001	1.520	148.346
CU94	0.14	4.328	-0.001	4.327	152.687
6B	0.10	-1.982	-0.001	-1.983	150.704
7B	0.14	-0.313	-0.001	-0.314	150.390
219	0.17	-0.153	-0.001	-0.154	150.236
220	0.12	-1.399	-0.001	-1.400	148.836
221	0.13	-1.265	-0.001	-1.266	147.570
Σ	1.51	0.011	-0.011	0.000	

3.4. Evaluación de la calidad de las mediciones de campo

Los resultados de las mediciones, tanto planimétricas como altimétricas cumplen los requisitos establecidos (Geocuba, 2000) para este tipo de polígono. Tabla 4.

Tabla 4. Evaluación de la calidad de las mediciones

Método	Error observado		Error Permisible		Observ.	
	Angular	Lineal	Angular	Lineal		
Poligonación	Tradicional	$e_{\alpha} = 02'50''$	P=1:5200	$e_{\alpha} = 1'\sqrt{n}$ $e_{\alpha} = 03'18''$	P=1:2000	II Categoría
	ET "TS-11"	$e_{\alpha} = 00'03''$	P=1:24000	$e_{\alpha} = 10''\sqrt{n}$ $e_{\alpha} = 33''$	P=1:10000	I Categoría
Nivelación geométrica		$e_z = 11mm$		$e_z = 50mm\sqrt{k}$ $e_z = 61mm$		I Categoría

3.5. Análisis comparativo

Como resultado fundamental del proyecto se obtuvieron las coordenadas (x, y, z) de la base de apoyo altimétrica por el método tradicional y con el empleo de nuevas tecnologías (Tabla 5), a partir de lo cual fue posible realizar un análisis comparativo con respecto a los valores patrones, es decir, la Estación Total (x, y) y el Nivel para la altura (z). La mayor diferencia en las coordenadas (x, y) se encuentra en el punto 7B con un valor de 26.7 cm. Lo cual puede ser producto de la compensación, por encontrarse el mismo en el área central de la red. En las alturas (z) la mayor diferencia es de 12 mm. Por tanto, la base de datos del Polígono Patrón satisface las expectativas para ser utilizada con fines docentes y de proyecto (Escobar, 2018).

Tabla 5. Análisis comparativo de los resultados.

Punto	Método de medición; coordenadas "x,y,z" en metros							Diferencias (m)		
	Tradicional				Nuevas tecnologías					
	Teodolito			Nivel	ET; GNSS "Patrón"					
	x	y	z	z	x	y	z	x	y	z
219B	561741.074	248999.274	150.240	150.236	561741.025	248999.237	150.244	-0.049	-0.037	-0.008
220B	561678.894	248901.494	148.838	148.836	561678.960	248901.650	148.843	0.066	0.156	-0.007
221B	561607.974	248791.174	147.570	147.570	561607.936	248791.120	147.570	-0.038	-0.054	0.000
1B	561733.934	248769.894	147.044	147.044	561733.750	248769.940	147.042	-0.184	0.046	0.002
2B	561811.744	248779.814	146.462	146.457	561811.695	248779.902	146.461	-0.049	0.088	-0.004
3B	561921.604	248925.574	145.104	145.101	561921.541	248925.645	145.101	-0.063	0.071	0.000
4B	562000.654	249051.984	146.835	146.840	562000.469	249051.888	146.849	-0.185	-0.096	-0.009
5B	562088.504	249197.794	148.346	148.360	562088.317	249197.800	148.367	-0.187	0.006	-0.007
6B	561931.634	249234.324	150.700	150.704	561931.405	249234.259	150.712	-0.229	-0.065	-0.008
7B	561831.124	249138.614	150.389	150.390	561831.857	249138.421	150.396	-0.267	-0.193	-0.006

CU-94	561998.604	249303.874	152.675	152.687	561998.406	249303.900	152.699	-0.198	0.026	-0.012
-------	------------	------------	---------	---------	------------	------------	---------	--------	-------	--------

4. CONCLUSIONES

1. El Polígono Patrón es una herramienta de apoyo para la gestión de la calidad en las Instituciones de la Educación Superior, que permite el desarrollo de la Topografía y sus disciplinas afines para la formación del profesional en las carreras de Ingeniería Civil y Licenciatura en Educación Construcción en la Universidad de Holguín.
2. Esta investigación resuelve la problemática de no contar con un polígono para la realización de las clases prácticas, que posibilitó el perfeccionamiento del trabajo metodológico y del proceso de enseñanza – aprendizaje en las asignaturas de Topografía (I y II), Proyectos Integradores (1 y 2) y Diseño Geométrico de Carreteras, durante la formación del profesional.
3. Los resultados se sintetizan en una base de datos (x, y, z), que facilitan el trabajo de docentes y estudiantes, así como los futuros proyectos en el área de estudio.
4. Con la realización del proyecto se generan impactos en lo social, tecnológico, medioambiental y científico, evidenciado a través del perfeccionamiento del trabajo metodológico y del PEA, con la actualización de los contenidos de las asignaturas de Topografía (I y II), Proyectos Integradores (1 y 2) y Diseño Geométrico de Carreteras.

5. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no declaran conflictos de intereses, los resultados expuestos son inéditos y pertenecen al proyecto de investigación "Polígono Patrón para el desarrollo de la Topografía y Disciplinas afines", que tiene como entidad principal ejecutora la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Holguín.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Los autores consultados deben citarse en el texto. Las referencias deben escribirse de acuerdo con la Norma APA 6ta edición(actualizada). No van numeradas. Las siguientes referencias son ejemplos de: artículo de revista, libro, tesis, memoria de congreso, y documento normativo, respectivamente.

Acosta González, L.E. (2016). *Perfil del Proyecto Institucional 2016-65 "Creación del Polígono Patrón para el desarrollo de la Topografía y sus disciplinas afines en las carreras de Ingeniería Civil y Licenciatura en Educación Construcción*, Universidad de Holguín, Cuba.

GEOCUBA "Normas Cubanas para la realización de los trabajos topográficos de levantamiento y replanteo". 2000.

Geocuba. "MAN 31: 2011" Manual para ajuste de poligonales sobre plataforma CartoMap.

MET 30-09:10. "Metodología para el trazado de viales con el empleo de estaciones totales Leica-FlexLine de la serie TS 02-06 y 09" (Trabajo de campo). Documento Técnico 30-19. Cuba. 49p.

Rojas Mora, L. (2017). *Creación del Polígono Patrón para el desarrollo de la Topografía y sus disciplinas afines* (Trabajo de Diploma), Universidad de Holguín, Cuba.

Escalona Escobar, Lisandra. (2018). *Ajuste de las mediciones topográficas en el Polígono Patrón de la Universidad de Holguín* (Trabajo de Diploma).

SOBRE LOS AUTORES

Luis Enrique Acosta González, es Ingeniero Civil de la Universidad de Holguín (1995). Master en Geodesia Aplicada. Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular e Investigador Auxiliar del



Departamento de Construcciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Holguín. Especialista en Topografía y Geotecnia con más de 20 años de experiencia en la producción, luis.acosta@uho.edu.cu

Nicel Hernández Infante, es Ingeniero Civil de la Universidad de Holguín. Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor asistente del Departamento de Construcciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Holguín, nicel@uho.edu.cu

Yasmany Rodríguez Pérez, es especialista del Taller de Geodesia de la Agencia Holguín perteneciente a la Empresa Geocuba Oriente Norte, forma parte del Grupo Científico Estudiantil de Geomática, participa en esta investigación como miembro del proyecto empresarial y desarrolla la etapa final de su trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero civil, geodesia.yas@holguin.geocuba.cu