

**NECESIDAD DE UNA TRANSFORMACIÓN RIGUROSA DE COORDENADAS
DURANTE LA MAPIFICACIÓN TOPOGRÁFICA A GRANDES ESCALAS.**

Need for rigorous coordinate transformation during large-scale topographic mapping.

Ernesto Rodríguez Roche.

UCT GEOCUBA Investigación y Consultoría. err1960@gmail.com

RESUMEN

Al combinar los resultados de los levantamientos desarrollados empleando los Sistemas Globales de Navegación por Satélites con los datos iniciales de las redes geodésicas, creadas por métodos tradicionales, surgen incongruencias debido a la diferencia de los marcos de referencia adoptados y de la precisión relativa de ambos. Para referir adecuadamente las coordenadas determinadas por técnicas espaciales con las de las redes geodésicas nacionales, se recomienda determinar los valores más probables que relacionan el datum de las primeras, con el Sistema Geodésico Mundial del año 1984.

En Cuba los parámetros de transformación se calcularon a partir de una campaña de mediciones realizada en el año 1998. Desde entonces estos valores se utilizan para la transformación de coordenadas en diferentes proyectos.

Con el inicio de los trabajos para la actualización topográfica a grandes escalas (1:500) con drones, se evidenció que los parámetros definidos en el 1998 no permitían garantizar la precisión de las coordenadas y alturas de los puntos de control foto. La solución a esta problemática está en la determinación de los parámetros de transformación locales, que permitan considerar las distorsiones locales de la red geodésica.

En el presente trabajo se analiza la necesidad de calcular los parámetros locales, en lugar de utilizar los nacionales del 1998, sobre la base de experiencias en la determinación de los puntos de control foto durante los trabajos de actualización de la cartografía a escala 1:500, utilizando la tecnología de posicionamiento espacial para las mediciones de campo y los drones para los levantamientos aéreos.

Palabras claves

Redes geodésicas, control fotográfico; GNSS; GPS

ABSTRACT

When combining the results of surveys developed using the Global Navigation Satellite Systems with the geodetic networks initial data, built by traditional methods, inconsistencies arise due to the difference of the reference frames adopted and the relative precision of both. To refer coordinates, obtained by spatial positioning with those of national geodetic networks, it is recommended to

determine the most probable values that relate the datum of the former, with the World Geodetic System of the year 1984.

In Cuba, the transformation parameters were obtained from a measurement campaign, carried out in 1998. Since then, these values are used for coordinate transformation in different projects.

With the beginning of the works for the large scale (1:500) topographic updating using drones, it was evident that the parameters defined in 1998 did not guarantee the precision of the coordinates and heights of the photo control points. The solution to this problem lies in the determination of local transformation parameters, which allow considering the local distortions of the geodetic control.

This paper analyzes the need to calculate local parameters, instead of using national 1998 parameters, based on experiences in determining photo control points, during the work of 1:500 scale updating cartography, using the spatial technology for field measurements, as well as drones for aerial surveys.

Key words

Geodetic networks; photographic control; GNSS; GPS

Recibido :07/04/2023

Aprobado: 15/05/2023

INTRODUCCIÓN

La Red Geodésica Nacional (RGN) de la República de Cuba fue creada a finales de los años 40 e inicios de los 50 del siglo pasado, como parte de los esfuerzos del Servicio Geodésico Interamericano para unificar los datum de la región (Rodríguez, 2000a).

Entre los años 1970 y 1972 la red fue modernizada con asesoría soviética, conformándose las redes: planimétrica, astro geodésica, altimétrica y gravimétrica de 1er. orden. Estas redes fueron densificándose, hasta satisfacer las necesidades de la mapificación a la escala 1:25 000.

Con el propósito de cumplir con los compromisos contraídos ante la Organización Internacional de Aeronáutica Civil (OACI), dirigidos a transferir toda la cartografía aeronáutica a la superficie normalizada del Sistema Geodésico Mundial del año 1984 (WGS84), se desarrolló un proyecto, cuyo principal objetivo era crear una red de los Sistemas Globales de Posicionamiento (GPS) de alcance nacional que sirviera como referencia para la conformación de redes GPS locales en cada una de las 27 instalaciones aeroportuarias del país (Rodríguez, R. E., Herrera, A. L. A., Gutiérrez, G. M., 2000). La red (Fig. 1) fue creada en el año 1998 y consta de 20 estaciones, la mayoría coincidentes con la red de triangulación de 1er. Orden (Rodríguez, 2000b).



Figura 1. Esquema de la Red GPS del 1998

Como resultado de los trabajos, se determinaron los valores más probables de los siete parámetros de transformación (PT) entre el datum nacional (NAD27) y el WGS84. En la (Tabla 1) se indican los valores de los parámetros, según el modelo Molodensky-Badekas. En la tercera columna de la tabla se indican los errores medio cuadráticos (emc) de cada magnitud, expresados en las mismas unidades de medida que el parámetro.

Los nuevos valores de coordenadas de las estaciones de triangulación de la Red GPS, obtenidos mediante la transformación, fueron adoptados como datos iniciales para el reajuste de la red planimétrica de 1er. Orden, lográndose una mejoría apreciable en los parámetros de calidad geométrica de la red. Los emc en la ubicación horizontal de las estaciones osciló entre 0.010 m y 0.144 m (Rodríguez, 2000b).

Tabla 1. Parámetros de transformación del WGS84 al NAD27

Denominación del parámetro	Valores	emc
Desplazamiento en el eje X (m)	5.217	0.078
Desplazamiento en el eje Y (m)	-137.062	0.078
Desplazamiento en el eje Z (m)	-181.773	0.078
Rotación alrededor del eje X (segundos de arco)	0.526	0.287
Rotación alrededor del eje Y (segundos de arco)	0.498	0.052
Rotación alrededor del eje Z (segundos de arco)	-0.501	0.096
Factor de escala (parte por millón- ppm)	-0.685	0.233
Origen de la rotación:		
X ₀ (m)	1127509.983	-
Y ₀ (m)	-5812922.920	-
Z ₀ (m)	2338930.057	-

Tomando como referencia las nuevas coordenadas ajustadas del 1er. Orden se procedió a reajustar las redes de triangulación de 2do. y 3er. Órdenes.

Aunque la Red GPS permitió cumplir con las exigencias mencionadas e impactó positivamente en la RGN, no cumplía con los requisitos de calidad que demandan las normas internacionales actuales para la creación de redes nacionales de alta exactitud, a saber:

- Ocupación de puntos de tipo pilar con centración forzada,
- Referencia a múltiples estaciones de la red del Servicio Internacional de los Sistemas Globales de Navegación por satélites (GNSS)- IGS cercanas que rodeen el territorio, en un marco de referencia internacional moderno,
- Empleo de antenas del tipo *choke-ring*,
- Procesamiento de la red con un soporte lógico de categoría científica.

Estas razones conllevaron a proyectar la modernización de la RGN utilizando los GNSS, que incluía la creación de una Red GNSS Fundamental (RGF), Polígonos de Validación GNSS (PVG), las Redes Geodésicas Básicas de 2do. y 3er. Órdenes (RGB2, RGB3), la Red GNSS Permanente (RGP) del país y la adopción e implementación de un Nuevo Sistema Geodésico de Referencia (NSGR), de tipo geocéntrico (Rodríguez, 2005).

La RGF quedó constituida por 41 pilares, dotados de altura normal mediante nivelación geométrica de II orden (Fig. 2).



Figura 2. Esquema de la RGF

Para las determinaciones se utilizaron receptores GNSS capaces de captar tanto la señal GPS, como la de los Sistemas Globales de Navegación de Rusia (GLONASS), de triple frecuencia (L1/L2/L5) y antenas externas del tipo *choke-ring*. Las coordenadas de los puntos, calculadas con el software científico Bernese 5.2, alcanzaron una precisión superior a 0.002 m con respecto al Marco Internacional Terrestre de Referencia del año 2014 (ITRF2014), lo que cumple con los requisitos proyectados de obtener una Red GNSS de 1er. Orden (emc relativo 0.01 ppm).

La RGB2 quedó conformada por 95 pilares de centración forzada, tanto en la Isla de Cuba, como en la zona de la cayería, a los cuales también se les determinó la altura normal, mediante nivelación geométrica de II orden (Fig. 3). La red se proyectó para que satisficiera la precisión de una Red GNSS de 2do. Orden (emc relativo 0.1 ppm).



Figura 3. Esquema de la RGB2

El procesamiento inicial de la red con un software de tipo comercial impidió cumplir con las expectativas de precisión proyectadas. Un análisis posterior llevó a la conclusión de que resultaba factible re-procesar la misma en ambiente de Bernese 5.2, gracias a lo cual fue posible alcanzar errores relativos en el intervalo de 0.003 ppm a 0.100 ppm, lo que cumple con los requisitos de la Red GNSS de 2do. Orden.

La RGB3 está constituida por alrededor de 850 estaciones (monumentos sencillos), mayormente coincidentes con la red plano-altimétrica creada en el país (Fig. 4). Para los trabajos de campo se adoptaron los requisitos de precisión correspondientes a una red de 3er. Orden GNSS (emc relativo 1.0 ppm).

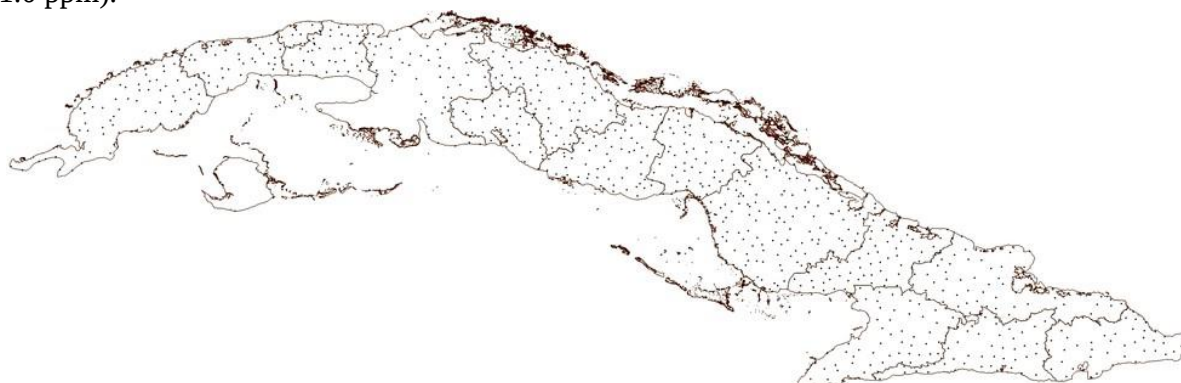


Figura 4. Esquema de la RGB3

La altura de los puntos planimétricos o de nueva creación, se determina por la denominada “nivelación GNSS”. Para ello se acomete un proyecto de determinaciones GNSS de alta precisión en estaciones de la red altimétrica de I y II órdenes (Acosta, 2022).

La RGP consta en la actualidad de 13 estaciones (Fig. 5), de ellas nueve son gestionadas por el Grupo Empresarial GEOCUBA y cuatro por instituciones y proyectos internacionales.



Figura 5. Esquema de la RGP

Se dispone de cuatro soluciones de coordenadas y velocidades para las estaciones de la RGP: 2017-2018, 2019-2020, 2020-2021 y 2021-2022, aumentándose cada vez la cantidad de mediciones involucradas (días de observación). El último procesamiento acusa un emc tridimensional (emc 3D) inferior a los 0.004 m.

Con cada solución anual, además de los valores más probables de las coordenadas de las estaciones de la RGP, se determinan sus velocidades en términos de mm/año, lo que resulta de gran interés para las aplicaciones geodésicas de alta precisión y los estudios geodinámicos.

La necesidad, propuesta y análisis de factibilidad de un nuevo datum de tipo geocéntrico quedó fundamentado y proyectado en Rodríguez, Díaz, Acosta (2018).

Para la adopción de un nuevo datum se recomienda disponer de una red de orden superior, creada por métodos GNSS y referida al ITRF más cercano a la fecha de las mediciones. Atendiendo a este requisito se ha proyectado crear una Red GNSS de Alta Precisión (RGAP), que consiste en la reocupación de las estaciones que componen la RGF y la RGB2 con metodología de 1er. Orden GNSS.

Ante las dificultades actuales para desarrollar los trabajos de campo, se optó por la variante de procesar en ambiente Bernese 5.2 ambas redes en forma conjunta y en una época media, tomando como referencia el ITRF2020, de modo que el catálogo de coordenadas que se obtenga corresponda a una red geodésica de orden superior y sirva de base para la adopción del nuevo datum geodésico. Este proceso se ve favorecido actualmente gracias al alto nivel de automatización alcanzado durante el procesamiento con Bernese, según García (2022).

En la actualidad las redes creadas constituyen una referencia valiosa para los trabajos topogeodésicos, en una época de franca introducción de las técnicas de posicionamiento espacial.

Los resultados obtenidos en diferentes proyectos nacionales, así como la experiencia internacional Pacileo, Blitkow, Nero, de Fonseca y Cintra (2003), demuestran que para determinados trabajos no resulta factible, desde el punto de vista de exactitud, utilizar los PT nacionales. Está demostrado que de manera local los parámetros de transformación locales, por ejemplo, suelen variar en hasta 0.5 m con respecto a los nacionales.

Recientemente ha tomado gran auge el empleo de los vehículos aéreos no tripulados (VANT) durante los levantamientos aéreos destinados a la actualización cartográfica a grandes escalas. En especial se aprecia un amplio despliegue de esta tecnología durante la actualización de la cartografía catastral urbana con VANT a escala 1:500. En este proceso resulta de vital importancia desarrollar un trabajo

adecuado a la hora de determinar las coordenadas y alturas de los puntos de control fotográfico (PCF) con tecnología GNSS, teniendo en cuenta que los valores permisibles a esta escala corresponden a 0.10 m y 0.12 m, para las componentes planimétrica y altimétrica de las coordenadas, respectivamente. Esto se ha evidenciado, sobre todo, en la no coincidencia de las imágenes georreferenciadas con la cartografía digital, cuando para ello se toman como referencia directa las coordenadas de los catálogos (catálogos rojos) y los datos geodésicos de los puntos (DGP) para el control foto.

Los requerimientos de precisión para el control foto en los levantamientos a escala 1:500 exigen elaborar una nueva metodología de trabajo para desarrollar los levantamientos GNSS, dirigidos a la actualización cartográfica que emplea los VANT para los vuelos.

1. Metodología

Para resolver la problemática planteada se propone desarrollar los trabajos de campo y gabinete siguiendo las recomendaciones que aparecen en MET30-01:2015 y que se resumen en los aspectos siguientes:

- Confección del Proyecto Técnico General (PTG).
- Desarrollo de trabajos preparatorios.
- Determinaciones GNSS.
- Confección del Informe Técnico (IT).

En el presente trabajo se hará énfasis en los puntos relacionados con las tareas de campo y gabinete, que se corresponden con el segundo y el tercer punto.

Entre los trabajos preparatorios se encuentra la proyección y reconocimiento de la base geodésica de apoyo (BGA).

La elección de las estaciones que conformarán la BGA para el control foto, además de permitir disponer de puntos con coordenadas “fuertes” para el posicionamiento GNSS, posibilita determinar los parámetros de transformación locales entre el sistema geodésico WGS84 y el SGN. La fuente para la selección de la BGA reside en la información de la RGN disponible en los archivos geodésicos de GEOCUBA.

Con vistas a lograr resultados satisfactorios se deberá elegir entre diez y doce estaciones geodésicas plano-altimétricas, de ellas el 75% planimétricas, en una zona que abarque todo el proyecto y con un alcance de área similar a una hoja a escala 1:25 000. Los criterios a seguir para que un punto clasifique como estación para la BGA son:

- El punto debe cumplir con las características para la ocupación GNSS.
- El orden del punto (según la clasificación jerárquica de las redes geodésicas) debe ser el superior, con vistas a garantizar coordenadas confiables en el sistema geodésico nacional.
- Las estaciones planimétricas deberán disponer de alturas determinadas por nivelación geométrica, al menos del IV orden.

La configuración de las estaciones en el área de trabajo deberá ser lo más homogéneamente posible. En el caso de que la densidad de estaciones geodésicas sea inferior a la necesaria, se ampliará dicha área hasta disponer de un número aceptable de puntos. Como resultado de esta etapa se dispondrá de una BGA ploteada en hojas a escala 1:25 000, así como los DGP de las estaciones.

Las determinaciones GNSS se subdividen en tres etapas:

- La creación (determinación) de la BGA.

- Determinación de los PT locales.
- La determinación de las coordenadas y alturas de los PCF.

2.1 Determinación de la BGA.

La determinación de la BGA ocurre en dos etapas:

- Determinación de una estación de referencia.
- Determinación del resto de las estaciones de la BGA.

2.1.1 Determinación de una estación de referencia

Como estación de referencia servirá una de las estaciones de la BGA proyectada, que esté ubicada lo más cercana posible al centro geométrico del proyecto y que, sin constituir un aspecto excluyente, disponga del orden geodésico superior logrado por métodos tradicionales. A esta estación se le dotará de coordenadas precisas en el sistema WGS84, mediante enlace directo desde una estación perteneciente a la RGF, la RGB2, u otras de similar precisión. Este enlace se caracterizará por los parámetros de precisión que correspondan a un punto de 4to. Orden GNSS. En este caso la duración de la observación se determinará por la expresión empírica (1):

$$T_o = 20 \text{ min.} + 2 \text{ min.} \times S... (1)$$

Donde,

T_o - es el tiempo de ocupación del punto, expresado en minutos de tiempo,

S - es la longitud de la línea base entre el punto a determinar y la estación adoptada como referencia, expresada en kilómetros.

2.1.2 Determinación del resto de las estaciones de la BGA

La metodología de trabajo es similar a la del epígrafe anterior, con la diferencia de que aquí cada punto se ocupa durante una única sesión.

2.2 Determinación de los PT locales

Con la determinación de los PT locales se atenúan los altos errores relativos de la base geodésica local, de órdenes inferiores, a la vez que se compatibiliza la misma con los resultados del posicionamiento GNSS.

Para calcular los PT locales se parte del presupuesto de que se dispone de dos proyectos con idénticos puntos, uno referido al WGS84 (BGA creada) y el otro referido al NAD27 (elipsoide de referencia Clarke 1866, coordenadas planas en los sistemas Cuba Norte o Cuba Sur y alturas ortométricas).

Los PT se calculan en el ambiente del programa de procesamiento GNSS, seleccionando el modelo *Stepwise* o *Onestep*. Estos modelos matemáticos han demostrado dar excelentes resultados para áreas pequeñas (alrededor de 20 km²) al utilizar cuatro o más puntos. En ningún caso el error de los residuales debe sobrepasar la precisión exigida para la determinación de las coordenadas del control foto. En caso contrario será necesario eliminar de la selección aquellos puntos que se destaquen por los mayores valores de residuales.

2.3 Determinación de las coordenadas y alturas de los PCF

Para la determinación de las coordenadas y alturas de los PCF seleccionados, se emplearán los parámetros de medición siguientes:

- Cantidad de sesiones: 1. □ Ángulo máscara: 15°.
- Velocidad de muestreo: 1 s.

- Duración de la observación: 3 minutos y 5 minutos para los receptores de doble frecuencia y una frecuencia, respectivamente.
- Montaje de la antena: sobre bastón (sección inferior y superior).
- Cantidad de mediciones de la altura de la antena: altura fija a 1.8 m o 2.0 m.

Las coordenadas y alturas de los PCF estarán referidas al sistema geodésico correspondiente a los PT determinados con anterioridad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología de trabajo propuesta se ha utilizado exitosamente en varios proyectos para la creación de los PCF con GNSS, durante la actualización cartográfica a escala 1:500 empleando los VANT en la etapa del levantamiento aéreo.

Durante los trabajos para la actualización del catastro urbano a escala 1:500 de la ciudad de Bayamo se escogió la base geodésica que se indica en la Fig. 6. La misma está compuesta por 12 estaciones, de ellas siete pertenecen a la red altimétrica nacional de I orden, cuatro a la red de triangulación (una de 1er y cuatro de 3ero), así como una a la RGF.

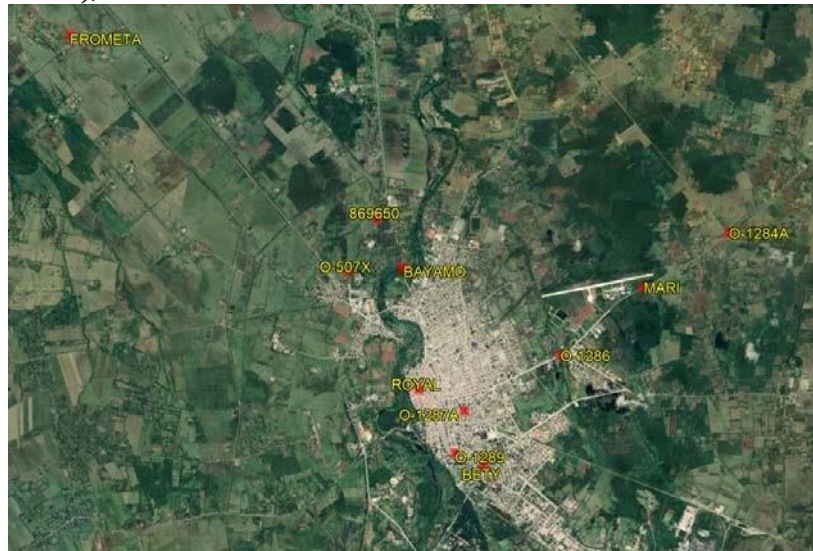


Figura 6. Esquema de los puntos seleccionados de la base geodésica

El cálculo de los parámetros de transformación por el método “Dos pasos”, en ambiente *Leica Infinity*, arroja los resultados que aparecen en la (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros de transformación locales para la ciudad de Bayamo

Parámetro	Valor	emc
Tipo de altura	Ortométrica	-
Puntos comunes	12	-
Δx	-0.1019 m	0.0181 m

Δy	-0.1115 m	0.0181 m
Rotación	0° 00' 01.89"	0° 00' 00.88"
Escala	0.999977390657	0.000004273337
x_0	192 695.5694 m	-
y_0	517 477.6740 m	-
Inclinación en x	0.000057919258	0.000002826733
Inclinación en y	-0.000040392620	0.000002096871
Traslación por la altura	-0.1538 m	0.0047 m

En la (Tabla 3) se indican las magnitudes de los residuales en cada punto geodésico adoptado para el cálculo de los parámetros de transformación, sobre la base de diez puntos aceptados para el cálculo.

Tabla 3. Residuales en los componentes de las coordenadas para los puntos de la base geodésica

Punto	Componente usado	Residuo en x (m)	Residuo en y (m)	Residuo en altura (m)
869650	Altura	-	-	-0.0163
BAYAMO	Planimetría	-0.0264	0.0321	-
BETY	Planimetría	0.0087	0.0198	-
FROMETA	Planimetría	0.0114	0.0017	-
O-1284A	Altura	-	-	-0.0055
O-1286	Altura	-	-	0.0205
O-1287A	Altura	-	-	-0.0045

O-1289	Altura	-	-	-0.0120
O-507X	Altura	-	-	0.0177
ROYAL	Planimetría	0.0063	-0.0537	-

Las magnitudes de los PT locales calculados permiten obtener las magnitudes más probables de coordenadas planas y alturas de los PCF.

La solución de PT obtenida es cualitativamente superior a la de la campaña GPS del 1998 y permite establecer, de manera local, una integración más adecuada entre la cartografía creada con una base geodésica determinada por métodos tradicionales y las bondades de los errores relativos bajos que prevén las técnicas GNSS.

Sobre la base de la experiencia alcanzada se recomienda el empleo de la metodología utilizada, que considera la realización de trabajos previos para determinar los PT locales en los diferentes proyectos de actualización cartográfica a grandes escalas, en lugar de utilizar los determinados en la campaña GPS del 1998. Estos trabajos serán necesarios hasta tanto el país no disponga de un nuevo datum de tipo geocéntrico, plenamente alineado a los resultados de las determinaciones GNSS, y cuando además desaparezca la necesidad de referir las mediciones desarrolladas con un alto nivel de exactitud a la base geodésica oficial, ya obsoleta.

CONCLUSIONES

En el marco del proyecto de modernización de la RGN se han creado redes de alta exactitud empleando las técnicas de posicionamiento GNSS, que constituyen el marco geodésico ideal para satisfacer las actuales exigencias de calidad en las diferentes las aplicaciones topo-geodésicas.

El predominio de los levantamientos GNSS y la introducción de la tecnología VANT en la etapa de los levantamientos aéreos de áreas pequeñas para la actualización cartográfica a grandes escalas, junto a las incongruencias que conllevaba emplear los PT determinados en la Campaña del 1998 para relacionar las mediciones con la cartografía y la base geodésica oficial, exigió utilizar una metodología de trabajo que prevé la determinación y empleo de PT locales en sustitución de los nacionales.

El empleo de los PT locales constituye una solución cualitativamente superior a la de la campaña GPS del 1998 y permite establecer, de manera local, una integración más adecuada entre la cartografía creada con una base geodésica determinada por métodos tradicionales y las bondades de los errores relativos bajos que prevén las técnicas GNSS.

Se recomienda el empleo de la metodología utilizada, que considera la realización de trabajos previos para determinar los PT locales en los diferentes proyectos de actualización cartográfica a grandes escalas, en lugar de utilizar los determinados en la campaña GPS del 1998.

La metodología ha sido empleada satisfactoriamente en diversos proyectos desarrollados para la actualización del catastro urbano a escala 1:500, como es el caso del de la ciudad de Bayamo.

Los procesos descritos serán necesarios hasta tanto el país no disponga de un nuevo datum de tipo geocéntrico, plenamente alineado a los resultados de las determinaciones GNSS, y cuando además

desaparezca la necesidad de referir las mediciones desarrolladas con un alto nivel de exactitud a la base geodésica oficial, ya obsoleta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, R. P. (2022). Informe Técnico 1/2021 del proyecto Enlaces de las estaciones de nivelación de I y II órdenes a la RGB2. GEOCUBA-ONHG, La Habana.

García, D. J. (2022). Comunicación personal.

MET30-01:2005. Metodología para el posicionamiento geodésico con GNSS en apoyo al control fotográfico de los levantamientos aéreos con tecnología VANT. GEOCUBA. La Habana.

Pacileo, N. N., Blitzkow, D., Nero, M. A., de Fonseca, E. S. y Cintra, J. P. (2003). Metodología de integração de diferentes redes geodésicas para atualização cartográfica: Estudo de caso em concessionária de energia elétrica. IEEE Latin America Transactions, (1), 48-56.

Rodríguez, R. E., Herrera, A. L. A., Gutiérrez, G. M. (2000). El GPS y la adopción del WGS84 en la Aeronáutica Civil de Cuba: experiencias y resultados obtenidos en el aeropuerto José Martí (II Congreso Internacional de Geomática, Informática 2000). La Habana.

Rodríguez, R. E. (2000a). Perfeccionamiento de la Red Planimétrica Nacional mediante el empleo del Sistema Global de Posicionamiento GPS (Tesis doctoral). Instituto Técnico Militar José Martí. Cuba.

Rodríguez, R. E. (2000b). Creación de la Red GPS de referencia de la República de Cuba. (II Congreso Internacional de Geomática, Informática 2000). La Habana.

Rodríguez, R. E. (2005). Proyecto de I+D Modernización de la Red Geodésica Estatal Planimétrica de la República de Cuba. ONHG-GEOCUBA. La Habana.

Rodríguez, R. E., Acosta, G. R. P., Díaz, G. J. (2018). Proyecto de I+D Implementación de un nuevo sistema geodésico de referencia para la República de Cuba. CITMA-GEOCUBA. La Habana.