



Medición de puntos GPS por el método estático con equipo diferencial. Una experiencia didáctica en el Instituto Pedagógico de Maturín

- Measurement of GPS Points through the Static Method with Differential Equipment: A Didactic Experience at Instituto Pedagógico de Maturín
- Mediação de pontos GPS com o método estático com dispositivo diferencial. Uma experiência didática no Instituto Pedagógico de Maturin

Resumen

Este trabajo recoge la experiencia pedagógica de monumentación y medición de puntos a partir de la utilización del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), aplicando el método estático con un equipo diferencial (DGPS), fue realizado en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador – Instituto Pedagógico de Maturín, Venezuela. Esta actividad estuvo enmarcada en los contenidos programáticos de las asignaturas Cartografía y Fotogrametría, Ordenamiento Territorial e Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. El propósito fue involucrar a los estudiantes en el uso de nuevas tecnologías de información geográfica, entre ellas el Sistema de Posicionamiento Global. Para efectuar la monumentación se contó con la colaboración de la empresa MARFRAN C.A. quien facilitó los equipos DGPS y el talento humano especializado como apoyo para la ejecución de la práctica en todos sus momentos, es decir, planificación, monumentación de puntos y medición, y fase de post-procesamiento de datos. La base utilizada para las mediciones la constituyó un punto CARSON de la Red Geodésica Venezolana (REGVEN), ubicado en el Aeropuerto de Maturín. Como resultados se obtuvieron coordenadas de tres puntos monumentados, medidos en el Datum SIRGAS-REGVEN, de orden "B", a través de la aplicación del software de post-proceso Astech Solution; estos puntos GPS servirán de apoyo para la ejecución de futuras prácticas, pero además para efectuar chequeo y/o verificación de equipos de medición empleados en Geodesia y Topografía. Igualmente, la experiencia de involucrar a los estudiantes con el uso de modernas tecnologías de información geográfica resultó ser significativa desde el punto de vista pedagógico.

Palabras clave

Tecnologías de Información Geográfica; diferencial GPS; método estático

Eucaris del Carmen
Agüero Corzo*

Argenis de Jesús
Montilla Pacheco**

Gerardo José Valero Segovia***

* Ingeniera geodesta, Magister en Educación Superior. Docente investigadora del departamento de Ciencias de la Tierra en el Instituto Pedagógico de Maturín "Antonio Lira Alcalá" - Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Maturín, Monagas, Venezuela.
caricorzo@gmail.com.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4587-3852>

** Doctor en Ecología Tropical, Docente Investigador en la facultad de Hotelería y Turismo, Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí", Manabí, Ecuador.
argenismontilla@hotmail.com.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9739-4971>

*** Ingeniero geodesta, supervisor de campo y calculista en el Proyecto "Servicios Geodésicos", PDVSA Oriente. Maturín, Monagas, Venezuela.
gerardv50@hotmail.com.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7122-1682>

Fecha de recepción: 27/04/2017
Fecha de aprobación: 02/11/2017

Abstract

This paper gathers the pedagogical experience of monumentation and measurement of points through the use of the Global Positioning System (GPS), applying the static method with differential equipment (DGPS), conducted at Universidad Pedagógica Experimental Libertador – Instituto Pedagógico de Maturín, Venezuela. This activity was included in the syllabus of the courses Cartography and Photogrammetry, Territorial Planning, and Introduction to Geographic Information Systems. The purpose was to involve students in the use of new geographic information technologies, including the Global Positioning System. For monumentation, we had the support of MARFRAN C.A., which provided the DGPS equipment and specialized human talent as support to carry out all stages of the activity, namely planning, monumentation of points and measurements, and post-data processing. The basis used for the measurements was a CARSON point from the Venezuelan Geodetic Network (REGVEN) located in the Maturín Airport. As a result, we obtained the monumented points, measured in the SIRGAS-REGVEN datum, “B” order, by applying the Astech Solution post-process software; these GPS points will serve as support for future practice, but also to perform check and/or verification of the measurement equipment used in Geodesy and Topography. The experience of involving the students with the use of modern geographic information technologies was also significant from a pedagogical point of view.

Keywords

Geographic Information Technologies; differential GPS; static method

Resumo

Este trabalho, realizado na Universidade Pedagógica Experimental Libertador – Instituto Pedagógico de Maturín, Venezuela, coleta a experiência pedagógica de monumentação e medição de pontos a partir do uso de Sistema de Posicionamento Global (GPS), aplicando [MCAF2] o método estático com um dispositivo diferencial (DGPS). Esta atividade seguiu os conteúdos programáticos das disciplinas Cartografia e Fotogrametria, Ordenamento Territorial e Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica. O propósito foi envolver os estudantes no uso de novas tecnologias de informação geográficas, entre elas o Sistema de Posicionamento Global. Para realizar a monumentação, tivemos a ajuda da empresa MARFRAN C.A, que contribuiu com os dispositivos DGPS e o talento humano especializado para a execução da prática em todos seus estágios, ou seja, planejamento, monumentação de pontos e mediação, assim como a fase de pós-processamento de dados. A base utilizada para as mediações foi construída por um ponto CARSON da Rede Geodésica Venezuelana (REGVEN), localizado no Aeroporto de Maturín. Como resultados, obtivemos coordenadas de três pontos monumentados, medidos no Datum SIRGAS-REGVEN, de ordem B, através da aplicação do software de pós-processo Astech Solution; esses pontos GPS servirão de apoio para a execução de futuras práticas, assim como para efetuar revisão ou verificação de dispositivos de medição utilizados em Geodésia e Topografia. Igualmente, a experiência de envolver os estudantes no uso de modernas tecnologias de informação geográfica foi significativa desde o ponto de vista pedagógico.

Palavras-chave

tecnologias de informação geográfica; diferencial GPS; método estático

Introducción

El presente trabajo describe las actividades ejecutadas en el marco de las prácticas de las asignaturas Cartografía y Fotogrametría, Ordenamiento Territorial e Introducción a los Sistemas de Información Geográficos (SIG) de la especialidad Ciencias de la Tierra de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Maturín Antonio Lira Alcalá (UPEL-IPMALA), las cuales consistieron en la monumentación y medición de tres puntos con el sistema de posicionamiento global (GPS) con equipo diferencial (DGPS) utilizando el método estático de medición, esta se realizó atendiendo a los siguientes propósitos:

- Introducir a los estudiantes en las modernas tecnologías de información geográfica (TIG).
- Materializar y medir puntos de coordenadas GPS en la UPEL-IPMALA para georreferenciarla al Sistema Geodésico Venezolano SIRGAS-REGVEN.
- Establecer a partir de los puntos medidos un sistema que sirva como comparador para verificar (calibrar) o chequear equipos de medición en futuras prácticas pedagógicas.
- Poner a disposición de la comunidad universitaria, específicamente a personas relacionadas con en este tipo de trabajos, toda la información de los puntos GPS obtenidos en la experiencia pedagógica.

Además de los objetivos planteados, se quiso aprovechar la integración entre la universidad y la empresa privada, pues la empresa Proyectos Marfran C. A. proporcionó el uso de sus equipos DGPS y su talento humano calificado para apoyar la actividad en todas sus fases: planificación, monumentación de los puntos, medición y posprocesamiento de la data generada

el día de medición. La base de las mediciones fue el punto Carson (o hangar) ubicado en el Aeropuerto Internacional José Tadeo Monagas de Maturín, este tiene sus coordenadas en el sistema SIRGAS-REGVEN, es un punto de orden A dentro de la Red Geodésica Venezolana.

Fundamentación de la experiencia

El GPS se define como un sistema global de navegación por satélites (GNSS) que permite fijar a escala mundial la posición de cualquier objeto sobre la superficie terrestre (Montes de Oca y Yelichich, 2012; Ayala y Hasbun, 2012). Este sistema fue creado en el año 1973 por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines militares; en la actualidad, el uso para la comunidad civil ha crecido y con ello las aplicaciones y los fabricantes, por lo cual las nuevas técnicas diferenciales DGPS son alternativas para mejorar la precisión en las posiciones obtenidas (Sánchez, 2010).

Según Pozo, Ribeiro, García, García, Guinea y Sandoval (2010), el DGPS consiste en proporcionar a los receptores, correcciones de los datos recibidos de los satélites, con el objetivo de obtener una mayor precisión en la posición calculada (post-proceso). Se concibió fundamentalmente debido a la introducción de la degradación de la señal de manera intencional por los creadores del sistema (disponibilidad selectiva, o SA en su acrónimo inglés); el primer uso civil fue realizado por la Organización Marítima Internacional.

El concepto básico del sistema de posicionamiento global es la trilaterización de los satélites, que es un método para calcular las posiciones relativas de los objetos a partir de la geometría de triángulos (Muñoz, 2011); los sistemas de navegación por satélites tienen una estructura definida que se divide en tres segmentos: el segmento espacial, el segmento

de control y el segmento de usuarios (Pozo, Ribeiro, García, García, Guinea y Sandoval, 2010). El espacial está compuesto por los satélites, estos orbitan alrededor de la Tierra en distintos planos orbitales, este segmento consta de 24 satélites, con tres de reserva en seis planos orbitales ubicados a una altura promedio de 20 200 km en la frecuencia de 1 602,2 y 1 615 Mhz (El-Rabbany, 2006).

Una de las características de estos satélites es que están equipados con un reloj atómico, que permite calcular la distancia por medio de la diferencia de tiempo; el sistema GPS garantiza mínimo cinco satélites visibles en cualquier parte del mundo (sobre el horizonte).

El segmento de control está formado por un conjunto de estaciones en tierra que recogen los datos de los satélites, cuya función es aplicar correcciones de posición orbital y temporal, enviando información de sincronización de relojes atómicos y correcciones de posicionamiento de órbitas a los distintos satélites (Salazar, 2009; Guandique, López y Martínez, 2013). El segmento de usuarios es un conjunto de equipos que reciben señales procedentes del segmento espacial, estos equipos están formados por un conjunto de elementos básicos: antena receptora y un receptor electrónico; cabe destacar que también son parte importante de este segmento: los fabricantes, productos, servicios y soporte técnico del sistema.

Las principales fuentes de error son efectos de la atmósfera sobre la señal que va desde el satélite-receptor, alteraciones en la señal por edificios o árboles, y pérdida de señal por ubicación cercana a instalaciones de alta tensión (McCormac, 2004; Pozo et al., 2010). El GPS diferencial se fundamenta en el uso de un georreceptor móvil (*rover*) y una estación (o estaciones) de referencia (*base*) ubicada en coordenadas conocidas con una alta exactitud. La estación base coteja las mediciones transmitidas por los satélites y recibe en tiempo real las coordenadas de ese punto (Filip, 1998), ya conocidas *a priori* con exactitud, contrasta los resultados y a partir de ello calcula los errores del sistema en tiempo real.

Descripción de la experiencia

A los estudiantes de Cartografía y Fotogrametría, Ordenamiento Territorial e Introducción a los SIG del programa de Ciencias de la Tierra de la UPEL-IPMALA, que estuvieron involucrados desde el inicio de la planificación de la actividad se les dio una charla y se les entregó un tríptico sobre las medidas de seguridad que, según Kirsch (2014), deben tomarse en cuenta al momento de realizar trabajos a cielo abierto; por ejemplo, el uso de ropa adecuada y cómoda, de colores claros para evitar la incidencia de la radiación solar y la consecuente insolación o quemaduras en la piel, entre otros. En el desarrollo de la charla se dio un periodo de tiempo apropiado para aclarar dudas y preguntas al respecto.

Seguidamente, antes de comenzar la medición, se les dio una explicación sobre la actividad a realizar para reafirmar conocimientos sobre el sistema GPS,

el método de medición a emplear en la experiencia pedagógica, las características de los equipos y los procesos de monumentación de puntos, entre otros. Posteriormente, se dividieron en tres grupos y cada uno fue ubicado en una estación o punto IPM1, IPM2 e IPM3 durante el proceso de monumentación, posicionamiento, nivelación y encendido del equipo, medición de la altura de la antena, elaboración del reporte en cada estación, grabación de los datos y desmontaje del equipo. Por último, y luego del post-proceso, los estudiantes realizaron la monografía de los puntos GPS medidos, tal cual se aprecia en la tabla 3.

La medición de los puntos se realizó con el método estático, este tipo de medición se utiliza cuando se requiere obtener coordenadas de un punto de manera precisa y confiable (Pachas, 2009). El método de medición estático es recomendado por Leica Geosystems (2003), y consiste en ubicar dos o más estaciones de recepción simultáneamente, base y rover. Estas deben permanecer en ese sitio un lapso de tiempo estimado por el operador para el proceso de grabación de los datos en campo transmitido desde los satélites (el tiempo de medición va a depender de la distancia entre receptores, la configuración geométrica de los satélites y las condiciones de obstrucción que se presenten en la zona), este proceso se repite para cada punto al que se desea obtener su posición.

Medición de puntos GPS utilizando el método estático con equipo diferencial

A continuación, se describen los pasos a seguir para llevar a cabo la medición de puntos GPS con el método de medición estático:

Determinar previamente los parámetros de medición, esto es, rata o intervalo de captura de los datos, tiempo de medición, y ángulo de

medición. En el caso del presente trabajo, la captura de datos se hizo cada cinco segundos, el ángulo de medición fue de 15° sobre el horizonte y el tiempo de medición fue de una hora y media en cada estación.

Determinar el punto donde se va a colocar el equipo base o estación de referencia. Este debe ser una estación de coordenadas conocidas; de igual forma, precisar el sitio más idóneo para colocar el nuevo punto a medir, es decir, la estación donde se colocará el equipo rover. Para este trabajo se tomó como punto base el punto Carson, cuyas coordenadas son: norte: 1 077 509,157 m, este: 482 168,348 m y cota: 68,587 m en el sistema SIRGAS-REGVEN. Los tres puntos a los cuales se les determinó sus coordenadas quedaron materializados en las cercanías del estacionamiento trasero de la UPEL-IPMALA y se tomó en cuenta para la selección del sitio por ser un área despejada y que no existieran construcciones de gran altura en las adyacencias.

Posicionar y nivelar el trípode y colocar el equipo GPS sobre su base nivelante, haciendo coincidencia del punto a través de la plomada óptica. Este paso se realiza para preparar el equipo antes de iniciar la medición tanto en la estación base como en las estaciones rover; en el caso de este trabajo, este procedimiento se realizó cuatro veces en la estación base y en los tres puntos a determinar sus coordenadas (estaciones rover).

Encender los equipos. Estos por lo general tardan unos minutos en rastrear los satélites, una vez que capten los satélites se verifican los parámetros de medición, se mide la altura de la antena (estos datos son anotados en una libreta de campo) y se programan para que comiencen a grabar, es indispensable que haya simultaneidad en las mediciones, es decir, que ambos equipos estén midiendo al mismo tiempo. El tiempo de medición va a

dependen del tipo de receptor que se esté utilizando, la configuración geométrica de los satélites en el momento de la medición y la distancia que exista entre la estación de referencia y la estación rover.

Apagar los equipos una vez culminado el tiempo de medición; si se va a medir en otro punto se realiza el mismo procedimiento sin necesidad de apagar el equipo colocado en la estación base.

Descargar la data recabada en los equipos de medición, esto normalmente lo hace el coordinador de la medición conjuntamente con el operador GPS, y por lo general se hace en oficina; en seguida se procesa la información, paso al que comúnmente se le denomina *post-proceso*.

Monumentación y medición de puntos GPS en la UPEL-IPMALA

Para la ejecución de la actividad monumentación y medición de puntos GPS en la UPEL-IPMALA, se cumplieron tres fases o etapas, algunas previas al momento de la medición, otras durante la práctica y, finalmente, otras posteriores a la práctica. Entre las fases anteriores a la práctica se encuentran la planificación, el reconocimiento y actividades previas; entre las actividades que se realizaron propiamente durante la práctica están la monumentación de los puntos y la medición GPS, y dentro de las que se realizaron después de la práctica están la descarga de datos recabados en campo y el post-proceso o procesamiento de los datos. A continuación, se describen todas las acciones desarrolladas en cada una de estas fases.

Fase 1: Actividades realizadas antes de la práctica de campo

Planificación: En esta etapa, se programó lo concerniente a la logística a emplear antes, durante y después de la actividad, esto es, el talento humano involucrado, la estación base a ocupar, sus coordenadas, la permisología requerida, los materiales, equipos y vehículos a utilizar, la fecha de la actividad, el lugar donde materializar los puntos, entre otros. Durante esta etapa, se solicitaron los permisos correspondientes para poder ocupar la estación Carson (ubicada dentro de las instalaciones del aeropuerto internacional de Maturín), como punto base de coordenadas conocidas de la red geodésica para darle coordenadas a los puntos nuevos, se emitieron correspondencias solicitando permiso a la dirección del aeropuerto internacional mencionado, el cual fue concedido oportunamente.

De igual modo, se solicitó permiso a la Unidad de Planta Física de la UPEL-IPMALA, y se coordinó, por otro lado, la disponibilidad de personal y de equipos GPS con la empresa Marfran, C. A. En este caso, el personal de la misma estuvo conformado por dos ingenieros especializados en la materia, asimismo dos vehículos y personal obrero. Entre los equipos utilizados están tres GPS diferenciales South, tres trípodes, tres cintas métricas, una cámara fotográfica y herramientas

menores como pala, chícora, barra metálica, cucharilla de albañilería, machete, mandarria.

Adicionalmente, se utilizaron materiales como pintura, cemento, cabillas, alambre, clavos y otros; pero, además, dos vehículos para realizar los traslados y ocupar las estaciones. Estos traslados corresponden al posicionamiento de la estación base en el aeropuerto referido y a las tres estaciones *rover* en la UPEL-IPMALA, la distancia horizontal entre los puntos es de aproximadamente 2,5 km, sin embargo, en recorrido vehicular están separados cerca de 10 km.

Aparte del personal de la empresa Marfran C. A., estuvo como coordinador del trabajo un miembro del personal docente de la UPEL-IPMALA responsable de las unidades curriculares y, en condición de colaborador, un docente de otro núcleo de la UPEL. También participaron los estudiantes de la especialidad de Ciencias de la Tierra, cursantes de las unidades curriculares Cartografía y Fotogrametría, Ordenamiento Territorial e Introducción a los Sistemas de Información Geográficos (SIG).

Reconocimiento de campo y actividades previas: En esta fase se realizaron actividades como verificar las baterías de los equipos y las especificaciones y procedimientos necesarios para la ejecución del trabajo en atención a los protocolos de seguridad. En ese sentido, a los estudiantes participantes de la práctica se les dio una charla informativa, en la que se hizo una amplia exposición de las medidas de seguridad en trabajos topográficos a cielo abierto.

Para el reconocimiento de campo, se visitó el sitio previamente para verificar si el mismo estaba libre de obstrucciones como árboles, tendidos eléctricos, grandes edificaciones en sentido vertical, cuerpos de agua, asegurando la no afectación del trabajo y la calidad de los resultados.

Fase 2: Actividades realizadas durante la práctica de campo

Monumentación y medición: Los monumentos colocados en la UPEL-IPMALA, se construyeron con material de concreto, que, según Martínez, Fernández y Uribe (2010) y Veiga, Zanetti y Faggion (2012), es muy apropiado por su resistencia para este tipo de actividades, se hicieron con longitudes de 20 cm de ancho por 20 cm de largo por 40 cm de alto, como se puede apreciar en la figura 1. Por cada monumento se colocó un tubo de diámetro (ϕ) 2" que quedaron como testigo de la existencia y materialización de los puntos de coordenadas norte, este y cota, medidos con GPS. Los monumentos son botallones de concreto realizados con dos semanas de anterioridad para dar tiempo al secado y dureza de los mismos, estos tienen en su exterior una placa metálica provista de una cruz (con un punto en la intersección) que indica que es el punto en el que se van a determinar las coordenadas GPS.

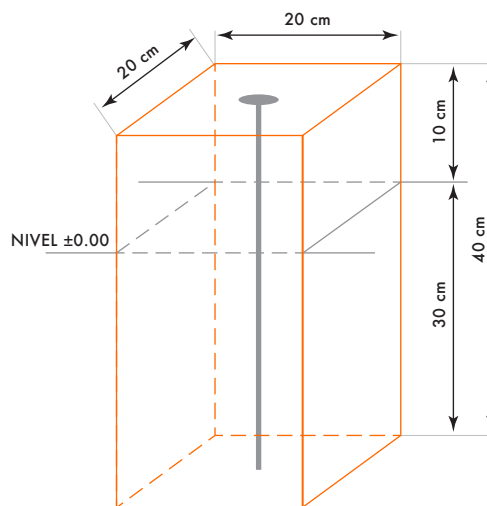


Figura 1. Sección típica monumentos GPS

Fuente: Imagen tomada del Manual de Especificaciones Técnicas de Geodesia (Petróleos de Venezuela S. A., PDVSA, 1995).

Es importante mencionar que se monumentaron y midieron tres puntos GPS, en ese sentido, se utilizaron tres monumentos, a estos puntos se les identificó como IPM1, IPM2 e IPM3. En la figura 2 se muestra el proceso de la monumentación de uno de los puntos durante la práctica de campo.



Figura 2. Trabajo en el proceso de monumentación de los puntos GPS en campo

Parte de la actividad desarrollada en campo, en particular el empleo de materiales para fijar la ubicación de uno de los puntos medidos con equipo DGPS.

Para la medición se emplearon tres equipos GPS, marca South, con antena incorporada, tres trípodes, cinta métrica y equipo menor de topografía, siguiendo los parámetros e indicaciones recomendadas para el método de medición estático de GPS con equipos diferenciales. En la figura 3 se muestra parte de lo que fue la medición GPS en las estaciones rover, mientras que en la figura 4 se aprecia la actividad de medición en la estación o punto base ubicada en la estación Carson dentro del hangar del aeropuerto de Maturín.



Figura 3. Actividades de medición de los puntos GPS en la estación rover



Figura 4. Medición GPS en la estación base Carson

Fase 3: Actividades realizadas después de la práctica de campo

Descarga de datos recabados: Se realizó en las oficinas de Proyectos Marfran, C. A., ubicada en la Avenida Alirio Ugarte Pelayo de Maturín, Antiguo Edificio Profesional Davis, a cargo de los ingenieros participantes en la actividad, desde luego, con la participación activa de los estudiantes involucrados.

Post-proceso: Luego de bajar la información de los georreceptores, los archivos fueron convertidos a formato Rinex (acrónimo de *receiver independent exchange*), el post-proceso se realizó con el software Astech Solutions, que es un sistema de post-proceso diferencial GPS (DGPS) que permite la solución de puntos individuales GPS o de redes geodésicas complejas, observados por receptores Astech, o de datos Rinex que provienen de otros equipos.

Sistematización y análisis de la experiencia

Para dar respuesta a los objetivos planteados al inicio de la actividad, se monumentaron y midieron tres puntos o estaciones ubicados en el estacionamiento trasero de la UPEL-IPMALA,

utilizando como estación base un punto de la Red Geodésica Venezolana ubicado dentro del aeropuerto internacional de Maturín. De la data recabada en aproximadamente seis horas de medición se obtuvieron coordenadas bien determinadas de dichos puntos, con errores de pocos milímetros hasta un centímetro en cada una de las coordenadas norte, este y cota, como lo muestra la tabla 1, que es el reporte resultante del procesamiento de las mediciones GPS utilizando el software Astech Solution. En este se describen los parámetros establecidos para el post-proceso, esto es: las precisiones horizontal y vertical, el sistema de coordenadas, archivos de salida, sistema de alturas, unidades de medidas y la fecha.

Adicionalmente, la tabla 1 ilustra las coordenadas definitivas de los tres puntos medidos IPM1, IPM2 e IPM3 con sus respectivos errores. Es importante destacar que la coordenada más débil cuando se trata de medición GPS es la coordenada referida a la altura y, en ese sentido, esto se evidencia en el reporte, en el que las desviaciones estándar en las coordenadas de posición norte y este estuvieron en el orden de ± 2 a ± 8 mm con una media de $\pm 4,6$ mm para la coordenada norte y ± 6 mm para la coordenada este, mientras que en la

coordenada altura se obtuvo una desviación estándar entre ± 2 mm a $\pm 1,2$ cm y una media de 2,3 cm en la referida coordenada, confirmando así una excelente calidad en general de las mediciones y coordenadas obtenidas.

Tabla 1. Reporte del procesamiento utilizando el software Astech Solution de los puntos medidos

Site Positions				
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR – INSTITUTO PEDAGÓGICO DE MATURÍN				
Horizontal Coordinate System:	Univ. Transverse Merc. (N)		Date: 07/26/14	
Height System:	Ortho. Ht. (EGM96)		Project file: PEDAGÓGICO DE MATURÍN.spr	
Desired Horizontal Accuracy:	0,040m + 1ppm			
Desired Vertical Accuracy:	0,060m + 2ppm			
Confidence Level:	95 % Err.			
Linear Units of Measure:	Meters			
DATUM:	SIRGAS-Regven			
Site	95 % Fix Position			
ID	Site Descriptor	Position	Error	Status
1 CARS	East.	482168,348	0,000	Fixed
	Nrth	1077509,157	0,000	Fixed
	Elev.	68,587	0,000	Fixed
2 IPM3	East.	483114,150	0,006	Processed
	Nrth	1075573,404	0,008	
	Elev.	48,186	0,012	
3 IPM1	East.	483117,724	0,006	Processed
	Nrth	1075513,976	0,008	
	Elev.	47,619	0,010	
4 IPM2	East.	483070,121	483070,121	Processed
	Nrth	1075518,167	0,002	
	Elev.	46,057	0,002	
Site	Scale Elevation			
ID	Site Descriptor	Convergence	Factor	Factor
1 CARS		-0 01,652	0,99960393	0,99999542
2 IPM3		-0 01,652	0,99960353	0,99999863
3 IPM1		-0 01,561	0,99960353	0,99999872
4 IPM2		-0 01,565	0,99960355	0,99999897

Fuente: elaboración propia con datos tomados del post-proceso de las mediciones GPS realizadas en la UPEL-IPMALA durante la experiencia pedagógica.

En la tabla 2 se muestra con más detalles la calidad de los vectores medidos, tal es el caso de: CARS-IPM3, CARS-IPM1, CARS-IPM2, IPM1-IPM2, la longitud entre estos vectores: 2155,414 m, 2210,522 m, 2186,680 m, 47,831 m, respectivamente.

Es pertinente hacer la observación de la importancia entre las longitudes medidas y los errores o desviaciones obtenidas en esos vectores, que van entre ± 4 mm entre IPM1-IPM2 a $\pm 1,6$ cm entre CARS-IPM2, entre otros datos que tienen que ver con los satélites sobre el horizonte y la calidad de estos en el momento de la medición, parámetros que describen la dilución de la precisión en la geometría satelital o PDOP (por sus siglas en inglés).

La monografía de los puntos GPS, realizada por los estudiantes, es el documento final donde aparecen los resultados definitivos obtenidos. En ella se muestran las coordenadas de la estación base, es decir, el punto que

sirvió como coordenada conocida para dar coordenadas a los tres puntos nuevos, en este caso es el punto CARS (Carson o hangar) y que se considera libre de error. Asimismo, aparecen las coordenadas norte, este y cota de los tres puntos medidos, o sea, IPM1, IPM2 e IPM3 y los errores en cada una de las coordenadas; también aparecen las fotografías panorámicas de cada punto o estación medida y el croquis de ubicación de estos y, finalmente, una breve descripción de cómo llegar al lugar donde están localizados (tabla 3).

La monografía de los puntos GPS medidos es sumamente importante para dar validez a

Tabla 2. Reporte del procesamiento utilizando el software Astech Solution de los puntos medidos, donde se muestran los vectores medidos, la calidad de las mediciones y la dilución en la precisión de la geometría satelital

Processed vectors PEDAGÓGICO DE MATURÍN									
Vector Stage: Processed Date: 07/26/16 Horizontal Coordinate System: Uni. Transverse Merc. (N) Projectfile: PEDAGÓGICO DE MATURÍN. spr Heihht System: Ortho. Ht. (EGM96) Desired Horizontal Accuracy: 0,060m + 1ppm Desired Vertical Accuracy: 0,060m + 2ppm Confidence Level: 95 % Err. Linear Units of Measure: Meters DATUM: REGVEN									
Vector 95 %									
Vector 95 % Process									
Vector Type	identifiier	Length	Error	Components	Error	QA	SVs	PDOP	Meas
1 GPS	CARS-IPM3	6/23	17:28	2155,414	0,015	X	983,816	0,007	10 1,3 L1
						Y	153,407	0,010	
						Z	-1911,643	0,008	
2 GPS	CARS-IPM1	6/23	16:12	2210,522	0,014	X	9991,316	0,007	9 1,5 L1
						Y	146,568	0,010	
						Z	-1970,33	0,008	
3 GPS	CARS-IPM2	6/23	16:26	2186,680	0,016	X	947,807	0,008	10 1,6 L1
						Y	127,076	0,010	
						Z	-1966,49	0,010	
4 GPS	CARS-IPM2	6/23	16:26	47,831	0,004	X	-43,503	0,001	9 1,6 L1
						Y	-19,507	0,002	
						Z	3,848	0,002	

Fuente: elaboración propia con datos tomados del post-proceso de las mediciones GPS realizadas en la UPEL-IPMALA durante la experiencia pedagógica.

la actividad realizada, guarda información necesaria que debe utilizarse para la verificación y/o chequeo de instrumentos de medición, lo cual fue parte de los objetivos de este trabajo.

En relación con el acercamiento de los estudiantes a las TIG, los resultados fueron los esperados, pues se evidenció una participación muy activa en todas las fases antes descritas, hecho de gran relevancia, por cuanto les permite familiarizarse con tecnologías de punta, cada vez más empleadas (López y Angulo, 2006), explotando las ventajas que las mismas ofrecen, pues desde que aparecieron las TIG, hasta la actualidad, los progresos tecnológicos han sido extraordinarios y, en ese sentido, es necesario que los estudiantes en formación tengan acceso a estas, materializando de esa forma lo que Rojas y Leal (2017) definen como *affordance*, que no es otra cosa que la posibilidad de que los estudiantes sean partícipes de un aprendizaje asistido por tecnología.

Como actividad evaluativa los estudiantes realizaron y discutieron un informe donde expusieron todo lo relacionado con el trabajo efectuado y, finalmente, una evaluación grupal. En general, la experiencia pedagógica de involucrar a los estudiantes con las TIG reveló que fue una actividad significativa de aprendizajes, debido a que ellos vivieron en la realidad y lograron a través de la actividad adquirir conocimientos que les permiten el avance en su formación profesional, en el entendido de que una de las prácticas del arte de la facilitación es la transformación de las vivencias que atraviesan las personas en experiencias de aprendizaje (Barón y Cadavid, s. f.). En esta oportunidad, las vivencias se centraron en el proceso de monumentación y medición de puntos GPS, lo cual permitió a los estudiantes comprender e internalizar en qué está basado el sistema, los fines para los que fue creado, las condiciones necesarias al momento de medir, las fuentes de errores, su utilidad y aplicaciones, entre otros aspectos. En definitiva, fue una experiencia pedagógica basada en la enseñanza de la tecnología y permeada, según Ortega y Perafán (2016), por una variedad de prácticas y actividades en las cuales los estudiantes participan y reconocen la atribución de sentido que incorpora el profesor.

Haciendo énfasis en la utilidad pedagógica que se le dará a estos puntos es que podrán emplearse no solo por la comunidad estudiantil, docente y científica del Estado, sino también por la comunidad en general; por ejemplo, una de sus aplicaciones puede ser referenciar imágenes de satélites de localidades cercanas a la zona y generar mapas, vincular levantamientos topográficos de lugares cercanos, realizar mediciones y ejecutar prácticas de topografía, entre muchos otros usos.

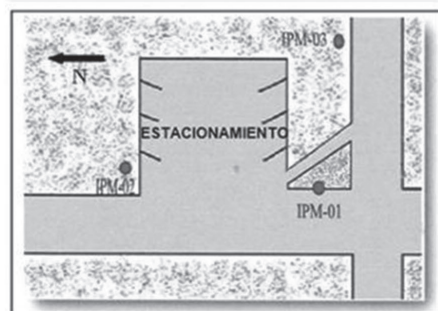
Aunado a todos los elementos tratados, es de interés resaltar que la ejecución de la medición de puntos GPS por el método estático con equipo diferencial en la UPEL-IPMALA sirvió como un espacio de encuentro académico y sinergia entre la universidad (grupo de estudiantes y docentes) y la empresa privada (Proyectos Marfran, C. A.), pues se construyó el conocimiento a partir del contexto que le envuelve y que le es pertinente al participante (Morín, 1999).

Tabla 3. Monografía de puntos GPS medidos durante la experiencia pedagógica

MONOGRAFÍA DE PUNTOS GPS PUNTO DE VINCULACIÓN			
PUNTO	NORTE	ESTE	ALT.
CARS	1077509.157	482168.348	68.587

PUNTOS OBTENIDOS						
PUNTO	NORTE	ERR.	ESTE	ERR.	ATL.	ERR.
IPM1	1075513.976	0.008	483117.724	0.006	47.619	0.010
IPM2	1075518.167	0.002	483070.121	0.002	46.057	0.002
IPM3	1075573.404	0.008	483114.150	0.006	48.186	0.012

Datum: REGVEN, Sistema de Coordenadas: UTM: 20, Sistema de ref. vertical: nivel medio del mar (EGM-69)



Dirección de los puntos: se encuentran ubicados en el estacionamiento trasero de la UPEL-IP-MALA, Maturín Edo. Monagas, Venezuela

Nota: Elaborado con datos tomados de la medición y post-proceso de los puntos GPS medidos en la UPEL-IPMALA durante la experiencia pedagógica.

Proyectos Marfran C. A. es una empresa privada dedicada al campo de la ingeniería conceptual, básica y detalles, construcción y topografía, con sedes en los estados de Monagas y Anzoátegui. Esta empresa ha

contribuido siempre con la formación de nuevos profesionales y estudiantes en formación, a través de generación de empleo, pasantías, actividades de campo y trabajos de grado.

Los puntos GPS de la UPEL-IPMALA como patrón de comparación y/o verificación

Los instrumentos de medición requieren, en cualquier momento de su uso, ser revisados para comprobar si están midiendo lo que deben medir, es decir, si están midiendo correctamente. En tal sentido, a este procedimiento, de manera general, en diferentes literaturas, se le denomina *calibración*, *chequeo* o *verificación de equipos de medición*, sin embargo, para efectos de este trabajo se llamó *verificación de equipos*, que no es más que el procedimiento de comparación entre lo que indica un instrumento y lo que “debiera indicar” de acuerdo con un patrón de referencia con valor conocido.

Partiendo de esta premisa y en atención a los objetivos y resultados obtenidos, debido a la rigurosidad en las fases del trabajo durante la experiencia pedagógica, las coordenadas determinadas para los tres puntos, por ser de alta calidad, pueden utilizarse como sistema de comparación (o comparador/patrón de referencia) para verificar el buen funcionamiento de equipos de medición, tales como: cintas métricas, teodolitos, estaciones totales, niveles, equipos navegadores, equipos GPS y DGPS, plomadas, entre otros.

El procedimiento para la verificación y chequeo de equipos de medición a partir de la data generada para los tres puntos mencionados consistirá en basarse en las propiedades de la geometría de un polígono (en este caso el triángulo); por otro lado, al tener las coordenadas de dichos puntos que conforman el triángulo, se pueden calcular las longitudes de sus lados, y verificar los equipos de medición.

Según las propiedades del triángulo, al hacer las respectivas mediciones se pueden verificar las siguientes condiciones:

La suma de los ángulos interiores de un triángulo es igual a 180° .

La suma de los ángulos exteriores o externos de un triángulo es igual a 360° .

A los efectos de este trabajo, el triángulo generado con los tres puntos medidos ya está siendo utilizado para prácticas de campo en el área de Geodesia del Programa de Ciencias de la Tierra de la UPEL-IPMALA, y por personas relacionadas con los trabajos topográficos de la zona vinculados a la industria petrolera para verificación de equipos.

Consideraciones finales

Entre la gran proliferación de usos civiles que tiene el GPS está el GPS diferencial o DGPS, que es una alternativa para mejorar la precisión en las posiciones de los puntos medidos. El GPS es considerado una TIG y, en ese sentido, la experiencia pedagógica de involucrar a los estudiantes con esta novedosa tecnología evidenció que fue una actividad significativa de aprendizajes, debido a que ellos tuvieron un acercamiento a la realidad y lograron, a través de la práctica, generar

aprendizajes que les permitan el avance en su formación y de este modo contextualizar los contenidos cursados con aplicaciones prácticas. De igual manera, la actividad realizada sirvió como un acto pedagógico y cooperativo entre la universidad (grupo de estudiantes y docentes) y la empresa privada Proyectos Marfran C. A., por medio del que se construyó el conocimiento a partir de la praxis.

En los espacios de la UPEL-IPMALA quedaron materializados en superficie tres puntos medidos con equipos DGPS con el método estático, usando como estación base el punto Carson ubicado en las inmediaciones del hangar del aeropuerto ya mencionado, perteneciente a la Red Geodésica Venezolana. Estas coordenadas están vinculadas al sistema SIRGAS-REGVEN y según el procesamiento de los datos generados de la información se obtuvieron desviaciones estándar en las coordenadas de posición norte y este en el orden de ± 2 a ± 8 mm con una media de $\pm 4,6$ mm para la coordenada norte y ± 6 mm para la coordenada este, mientras que en la coordenada altura (cota) se obtuvo una desviación estándar entre ± 2 mm a $\pm 1,2$ cm y una media de 2,3 cm en la referida coordenada, confirmando con esto una excelente calidad en general de las mediciones y coordenadas obtenidas.

Los objetivos planteados al inicio del trabajo fueron alcanzados satisfactoriamente. Se logró establecer un sistema de medición de puntos de coordenadas utilizando equipos GPS, el cual es de gran utilidad, por cuanto sirve para calibrar y chequear similares equipos de medición para la obtención de datos confiables en futuras experiencias pedagógicas relacionadas con cartografía y geodesia. Adicionalmente, los logros se materializaron en la formación académica de cada uno de los estudiantes participantes, quienes al verse involucrados en la actividad tuvieron la oportunidad de acercarse al uso de las nuevas

tecnologías de información geográfica, pero, además, pudieron ser parte activa de una actividad didáctica que ayuda a consolidar su perfil como profesional de la docencia.

Finalmente, se recomienda cuidar y proteger estos monumentos ubicados en la UPEL-IPMALA, debido a su importancia didáctica y pedagógica, pero también científica, puesto que sirve de apoyo a profesionales y estudiantes en formación para diversas actividades, tales como prácticas de actividades didácticas contempladas en los programas de Ciencias de la Tierra y Geohistoria, como también para la comunidad en general. Del mismo modo, es altamente recomendable promover y organizar este tipo de prácticas educativas, ya que impulsan aprendizajes significativos y ayudan a contextualizar desde el punto de vista espacial los contenidos cursados en las diversas unidades curriculares.

Referencias

- Ayala, A. y Hasbun, M. (2012). *Aplicaciones y uso de la tecnología de GPS diferencial de doble frecuencia con precisión centimétrica en el área de levantamiento y replanteo topográfico georeferenciado* (tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
- Barón, E., y Cadavid, J. (s. f.). *Facilitación del aprendizaje desde la vivencia*. IV Congreso Nacional de Educación Experiencial. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <http://blog.utp.edu.co/areaderecreacionpcdyr/files/2012/07/Aprendizaje-desde-la-Vivencia.pdf>
- El-Rabbany, A. (2006). *Introduction GPS: the Global Positioning System*. Recuperado de <http://www.navtechgps.com/assets/1/7/1221.pdf>
- Filip, A. (1998). Signals of Change: Czech Rails: DGPS Train Locator Trials, GPS. *World Magazine*, 15, 34-43.

- Guandique, D., López, R., y Martínez, J. (2013). *Manual técnico para el levantamiento geodésico con GPS de una frecuencia aplicando el Sistema Global de Navegación (GNSS) utilizando un modelo geoidal y su análisis comparativo con levantamiento topográfico con estación total* (tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, San Miguel, El Salvador.
- Kirsch, P. (2014). Riskgate, una herramienta diseñada para la minería de carbón en la mejora de la seguridad, eficiencia ya nivel operacional. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 60(235), 286-289.
- Leica Geosystems (2003). *Guía para mediciones en modo estático y estático rápido*. Heerbrugg, Suiza: Leica Geosystems AG. Recuperado de http://www.utdallas.edu/~aiken/LEICA/Documentation/Spanish/Static-Rapid_3_0es.pdf
- López, M., y Angulo, J. F. (2006). Viviendo los contenidos: una experiencia en el uso de tecnologías móviles en los procesos de enseñanza y aprendizaje. *Quaderns Digitals* 37. Recuperado de <http://rodin.uca.es/xmlui/handle/10498/16729>.
- Martínez, M., Fernández, D., y Uribe, D. (2010). *Topografía aplicada a obras* Coussa. Ciudad de México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Subsecretaría de Desarrollo Rural.
- McCormac, J. (2004). *Topografía*. México: Editorial Limusa.
- Montes de Oca, S., y Yelicich, R. (2012). *Estudio de metodologías utilizadas en relevamientos y replanteos topográficos con destino a obra lineal* (tesis de pregrado). Instituto de Agrimensura Facultad de Ingeniería Universidad de la República Uruguay. Montevideo, Uruguay.
- Morín, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. París: Unesco.
- Muñoz, D. (2011). *Determinación de coordenadas: heurísticas para nuevos servicios*. Recuperado de http://www.ai.org.mx/ai/archivos/coloquios/12/determinacion_de_coordenadas.pdf.
- Ortega, J., y Perafán, G. (2016). El concepto de tecnología escolar: una construcción de conocimiento profesional específico del profesorado de tecnología e informática. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 40, 13-49.
- Pachas, R. (2009). El levantamiento topográfico: uso del GPS y estación total. *Academia*, 16, 29-45.
- Petróleos de Venezuela S. A. (PDVSA) (1995). *Manual de especificaciones técnicas de geodesia*. Caracas: Autor.
- Pozo, A., Ribeiro, G., García, M., García, L., Guinea, D., y Sandoval, F. (2010). *Sistema de posicionamiento global (GPS): descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro*. Madrid: Instituto de Automática Industrial, Consejo Superior de Investigaciones.

Rojas, J., y Leal, L. (2017). *Affordance: constructo para la comprensión y transformación del aprendizaje en contextos interculturales*. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, 2(42).

Salazar, S. (2009). *Guía práctica para el uso del receptor GPS de monofrecuencia 1* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3006_C.pdf

Sánchez, A. (2010). *Introducción a la geodesia. Conceptos básicos*. Laboratorio de Astronomía, Geodesia y Cartografía, Dpto. de Matemáticas, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz. Recuperado de http://lagc.uca.es/web_LAGC/docs/sevilla_2010/Introduccion_a_la_Geodesia.pdf

Veiga, L., Zanetti, M., y Faggion, P. (2012). *Fundamentos de topografía*. *Universidade Federal do Paraná*.

Para citar este artículo

Agüero, E., Montilla, A. y Valero, G. 2018. Medición de puntos GPS por el método estático con equipo diferencial. Una experiencia didáctica en el Instituto Pedagógico de Maturín. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 43, 137-153.