

Elaboración del modelo digital de elevaciones mediante tecnología 3D láser escáner

Fabián R. Ojeda-Pardo
Orlando Belete-Fuentes
Yordanis E. Batista-Legrá

Resumen

Los modelos digitales de elevaciones de los yacimientos lateríticos cubanos se obtienen mediante estaciones totales y sistemas de posicionamiento global. El propósito de este trabajo fue establecer un procedimiento para introducir la tecnología 3D láser escáner en las labores mineras de estos yacimientos. Para ello se evaluaron las posibilidades reales de obtención de los modelos empleando esta tecnología que resulta más productiva, eficiente y precisa. Con el 3D láser escáner se obtiene mayor confiabilidad, menos riesgos y una menor afectación al medio ambiente en relación con las estaciones totales

Palabras clave: láser escáner; modelo digital de elevaciones; yacimientos lateríticos cubanos; topografía minera

Preparation of a digital elevation model through 3D laser scanning technology

Abstract

The digital elevation models for the Cuban lateritic ore bodies are obtained through the use of total stations and global positioning systems. The objective of this investigation is to develop a procedure to implement the 3D laser scanning technology in the mining operations executed in these ore bodies. This includes an evaluation of several options to obtain the DEM using this technology which is more productive, efficient and accurate. The application of the 3D laser scanning technology resulted in an increased reliability, reduced risks and impact to the environment associated to the total stations..

Keywords: laser scanning, digital elevation model, Cuban lateritic ore bodies, mining topography

1. INTRODUCCIÓN

El 3D láser escáner es un dispositivo que explora, por medio de un fino haz de láser, los elementos del espacio circundante, de forma tal que a cada punto del objeto explorado se le asignan las coordenadas reales que ocupa en el sistema de representación espacial (Brenner 2006).

Hasta hace poco tiempo, la medición de cualquier objeto en instalaciones industriales se hacía exclusivamente con teodolitos o estaciones totales. Paralelamente al incremento de la utilización de herramientas en 3D aumentó la necesidad de mediciones más precisas y rápidas. Al mismo tiempo, la atención de las empresas de ingeniería en los países desarrollados cambió gradualmente de instalaciones a proyectos de rehabilitación o extensión, también llamados proyectos de modernización o de desatascamiento. Este cambio supuso un énfasis adicional en la necesidad de mediciones rápidas y precisas, en un formato 3D.

Los modelos digitales de elevaciones (MDE) en los yacimientos lateríticos cubanos se obtienen aún mediante tecnología de estaciones totales y sistemas de posicionamiento global (GPS). Los métodos topográficos clásicos que emplean estaciones totales durante la fase de ingeniería tienen los siguientes inconvenientes:

- Todos los puntos a medir tienen que estar predefinidos con exactitud antes de la medición en el campo.
- Todos los objetos tienen que ser alcanzables por el topógrafo; de ahí la necesidad de andamios.
- Las mediciones de puntos son lentas y costosas (se necesitan horas de trabajo).
- Las campañas de medición duran mucho tiempo.
- Es irreal medir e informar de "espacios libres" en unidades. El espacio libre disponible es la información más valiosa en el caso de proyectos de desatascamiento.

El avance del escaneado láser en la topografía de grandes instalaciones industriales data de mediados de la década de los noventa; la disponibilidad de procesadores muy potentes ha permitido el reciente desarrollo de los escáneres láser y de softwares capaces de manejar billones de puntos (nubes de puntos). Sin embargo, la clave del éxito en el uso de los 3D láser escáner continúa siendo el establecimiento e implementación de la correcta metodología y flujo que mejor se ajuste

al trabajo, combinado con la selección del hardware y software más apropiado.

En aras de optimizar los trabajos mineros y mejorar la eficiencia y precisión de las mediciones topográficas se incorpora el 3D láser escáner, un sistema que emplea las técnicas de la fotogrametría terrestre, que ha sido utilizada con muy buenos resultados en la minería. El propósito de este trabajo fue establecer un procedimiento que permita implementar esta tecnología en la actividad topográfica minera en Cuba.

2. PROCEDIMIENTO

Se tomó como referencia el procedimiento utilizado por Marambio & Amparo (2009), representado en la Figura 1.

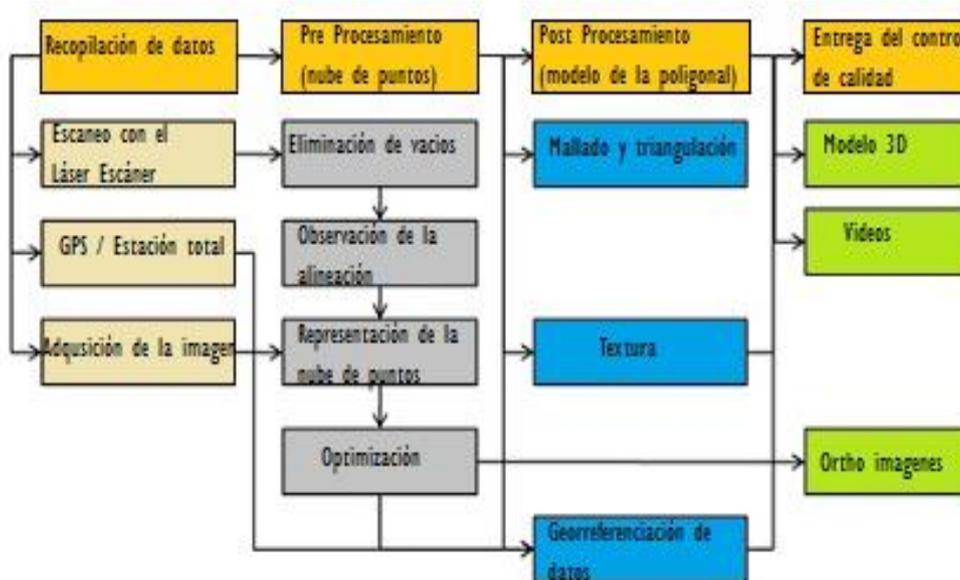


Figura 1. Procedimiento para la utilización del 3D láser escáner.

3. RESULTADOS

3.1. Minimización de riesgos

La utilización de un 3D láser escáner genera los siguientes beneficios: información digital precisa, fiable y exhaustiva disponible para intercambiar desde el diseño a la fabricación y el ensamblaje. Se reduce el tiempo de levantamiento, se minimizan errores de ingeniería debido a la disponibilidad de un gran número de puntos 3D precisos, así como errores de fabricación, por la precisión, y se permite, incluso, el diseño de partes más pequeñas. Las actividades de ajuste en campo se pueden casi eliminar gracias a la precisión obtenida en las fases previas.

Los datos 3D del escaneado permiten obtener dimensiones sin tener que volver al campo después de haber realizado la primera medición. Se mejora toda la planificación del proyecto debido a las revisiones y compartición de la información. Se eliminan casi todas las tareas de revisión y ajuste en campo, lo que conlleva a controlar y limitar los periodos de inactividad. Además, el uso del láser escáner tiene un mayor impacto en temas de seguridad tales como: las mediciones se realizan a grandes distancias, los equipos de medición pueden elegir las localizaciones del escáner más adecuadas. Asimismo la exposición a posibles peligros es mucho menor por la rapidez del escaneado láser.

3.2. Análisis económico

3.2.1. Estaciones totales

Teniendo en cuenta la resolución V-35 del Ministerio de Finanzas y Precios que establece la formación de precios para la actividad de la topografía en todo el territorio nacional, y el catálogo de Normas aprobado por el frente Nacional de Proyectos, se realizó el cálculo del costo del proyecto mediante la tecnología de estaciones totales (Tabla 1).

Tabla 1. Cálculo económico con estaciones totales

Código	Descripción de la actividad	U/M	Categoría	Volumen Unitario	Volumen Trabajo	Valor total
Lop-01-01	Levantamiento o topográfico escala 1:500	Horas/ Comisión	B	\$ 60	489,38	\$ 29362,00

3.2.2. Cálculo económico con el 3D láser escáner

En este caso se realizó el cálculo considerando solo el tiempo que se empleó en realizar los trabajos ya que se cuenta con normas de tiempo para esta tecnología, pero se utilizó la tarifa de la Empresa de Proyectos HATCH de 150 dólares la hora comisión (Tabla 2).

Tabla 2. Cálculo económico con 3D láser escáner

Código	Descripción de la actividad	U/M	Categoría	Volumen Unitario	Volumen Trabajo	Valor total
Lop-01-01	Levantamiento o topográfico escala 1:500	Horas/ Comisión	B	\$ 150	56	\$ 8 400.00

3.3. Indicadores de eficacia

Los resultados de la valoración de los indicadores que miden la eficacia en los procesos de mediciones topográficas se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Comparación de la eficacia en ambas tecnologías

Indicadores	Estación total	Láser escáner
Costo del Proyecto (X miles de dólares)	29,3	8,4
Cantidad de trabajadores	4	2
Productividad (por ciento)	0,14	0,61
Tiempo (días)	61,17	7
Precisión en 100 m (mm)	6	1,5

Los resultados aquí mostrados permiten apreciar que el costo del proyecto con la tecnología 3D láser escáner es mucho menor y se necesita solo la mitad del personal para la realización de los trabajos de campo que con las estaciones totales. El escáner es más productivo que la estación total, se minimiza considerablemente el tiempo de ejecución del proyecto. La exactitud en los resultados de las mediciones con la tecnología 3D láser escáner es mayor que en las estaciones totales.

Los beneficios que reporta la utilización del 3D láser escáner se recogen en la Tabla 4.

Tabla 4. Beneficios de utilizar la tecnología 3D láser escáner

Temas	Beneficios
Costos	<ul style="list-style-type: none"> • Una única campaña de medición • Se reducen las reconstrucciones/revisiones • Se reduce el ajuste en campo • Revisiones mejoradas • Se comparte la información
Planificación del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Rápida adquisición de los datos • Diseño mejorado • Tiempos de parada más cortos
Calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Menos trabajo de reconstrucción • Fabricación precisa de más partes • Rutinas mejoradas (detecciones de conflictos)
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Mediciones a grandes distancias • Menos exposiciones a peligros

3.4. Análisis comparativo

Con los resultados obtenidos en la investigación, así como en las encuestas realizadas a profesionales de la topografía con experiencia en el uso de esta tecnología, se pudo hacer el siguiente análisis comparativo:

Productividad

La estación total es un método de levantamiento directo en campo, basado en el fundamento del método polar (medición punto a punto), se detallan los elementos materiales del terreno de acuerdo a una escala. Con la utilización del láser escáner se obtiene directamente la información topográfica general del terreno que se estudia sin necesidad de realizar medición punto a punto, por lo tanto, resulta más productivo.

Procesamiento de información en gabinete

Con la estación total se realiza el procesamiento apoyado en software de dibujo (CAD). El láser escáner lleva un software de análisis estadístico, cálculo georreferencial de análisis, correcciones y dibujo en ambiente CAD, motivo por el cual el procesamiento de información en gabinete es menor con la utilización de la estación total.

Tecnología

La estación total es una tecnología que necesita preparación del personal y su adquisición es menos costosa, por su parte, el láser escáner es una tecnología cara y se necesita de conocimientos técnicos y capacitación del personal que lo va a operar.

Precisión

La estación total es un instrumento utilizado para la implantación de obras, levantamientos topográficos, entre otros trabajos que no requieren de parámetros técnicos rigurosos para su ejecución. La tecnología de láser escáner es mucho más precisa, se puede utilizar en estudios de deformaciones de estructuras, obras que requieren de parámetros técnicos más rigurosos, entre otras; el láser escáner tiene mayor precisión en comparación con la estación total.

Fuente de error

Con el uso de la estación total, para detectar las fuentes de errores cometidas en un trabajo, es necesario realizar, después de terminado el mismo, un control técnico directo en el campo a no menos del 10 % del trabajo real ejecutado, con el apoyo de otra estación total. Con el uso de la tecnología láser escáner, teniendo en cuenta su principio de

funcionamiento y medición, al obtener mayor cantidad de información en el campo permite tener fundamentos para detectar los errores cometidos y en caso de tener dichos errores en algunos casos estos se pueden eliminar a través de una corrección directa sin necesidad de realizar un nuevo escaneo (ejemplo una sombra). Resulta más efectiva la utilización del láser escáner porque las correcciones se pueden realizar directamente sin necesidad de realizar un nuevo escaneo o una nueva visita al campo.

Extensión del área de trabajo

La estación total sirve para realizar trabajos topográficos de pequeñas porciones de la superficie terrestre, mientras que con el láser escáner se pueden estudiar grandes extensiones de la superficie terrestre y ejemplo de ellos es el láser escáner aerotransportador; el uso del láser escáner cubre mayores áreas de terreno por lo que su utilización es más ventajosa.

Seguridad y salud en el trabajo

La estación total requiere de realizar trabajos en zonas de peligro, por ejemplo, próximo al borde de un talud, cercano a equipamiento minero en movimiento, a excavaciones, a alturas de distintos niveles, que para ejecutar el trabajo requiere la presencia física del hombre y mayor disponibilidad de tiempo (una persona operando el instrumento bajo condiciones climatológicas diversas); sin embargo, el láser escáner es un instrumento confeccionado con características ergonómicas, que no requiere de la presencia física de otra persona expuesta directamente en las zonas próximas a peligro.

Medio ambiente

Con la estación total, en lugares donde existen árboles u otros, es preciso realizar trochas (talas) para ejecutar los trabajos, mas con el láser escáner 3D estas labores se mitigan, lo cual no daña el ecosistema ni las especies endémicas de la zona que se estudia; la utilización del láser escáner resulta más conveniente porque provoca menos afectaciones al medio ambiente.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la aplicación del procedimiento y la comparación con la estación total demuestran que la tecnología 3D láser escáner es más productiva, eficaz, eficiente y precisa para la obtención de modelos digitales de elevaciones en los yacimientos lateríticos cubanos, por lo tanto su utilización resulta de mayor

confiabilidad, presenta menos riesgos y menor afectación al medio ambiente.

5. REFERENCIAS

- BRENNER, C. 2006: *Laser Scanning*. Aghios Nikolaos (Tutor) Tesis de ingeniería. International Summer School "Digital Recording and 3D Modeling". 120 p.
- DELUIS, J. M. 2009: *Contraste en la ejecución de auscultaciones geodésicas por métodos clásicos y con láser escáner*. Benjamín Piña Patón (Tutor). Tesis doctoral. Universidad de Cantabria. 296 p.
- LERMA, J. L. 2008: Teoría y práctica del Escaneado Láser Terrestre. En: 3D Risk Mapping. Memorias. 1-30 septiembre, 40-69.
- MAÑANA, P.; RODRÍGUEZ, A. & BLANCO, R. 2008: Una experiencia en la aplicación del Láser Escáner 3D. *Arqueología de la Arquitectura* 5(1): 15-32.
- MARAMBIO, A. & AMPARO, F. 2009: La aplicación del escáner láser terrestre en la catalogación del patrimonio arquitectónico del casco histórico de Castellfollit de la Roca. UPC. 8 p.
- MÁRQUEZ, A. 2010: Un tratado sobre el Escáner Terrestre TLS. *Mecinca* 1(1): 1-30.
- MIRANDA, P. M. 2009: *Obtención de un modelo digital de terreno mediante tecnología lidar, aplicado en una mina a rajo abierto*. Martín Olivares Altamirano (Tutor). Tesis de ingeniería. Universidad de Santiago de Chile. 98 p.
- UNZUETA, C. A. 2003: *3D Láser Scanner, aplicado a levantamientos en proyectos de ingeniería*. Emilio Uribe Rivera (Tutor). Tesis de ingeniería. Universidad de Santiago de Chile. 118 p.
- VELÁSQUEZ, J. A. 2005: Diseño de un escáner láser 3D a partir de un sistema de medición láser 2D Sick LMS 200. *Umbral científico* 6(1): 83-90.

Fabián R. Ojeda-Pardo. fojeda@ismm.edu.cu

Ingeniero en Minas. Instructor. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", Cuba.

Orlando Belete-Fuentes. obelete@ismm.edu.cu

Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", Cuba.

Yordanis E. Batist-Legrá. yordanysgeodest@gmail.com

Máster en Topografía Minera. Asistente. Empresa de Proyectos del Níquel, Moa, Cuba.