

APLICACIÓN DEL ESCÁNER LÁSER 3D A LA DOCUMENTACIÓN ESPACIAL DE YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS

APPLICATION OF THE SCANNER LASER 3D TO THE SPATIAL DOCUMENTATION OF ARCHAEOLOGICAL DEPOSITS

Teresa Mostaza Pérez (1) / J. Julio Zancajo Jimeno (1) / Jorge López Quiroga (2) / Artemio Martínez Tejera (2)

(1) Escuela Politécnica Superior de Ávila, Universidad de Salamanca

(2) Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Autónoma de Madrid

RESUMEN: Los yacimientos arqueológicos son una importante fuente de información y forma parte de la memoria histórica que cada comunidad tiene y que, por lo tanto, debe estudiar, proteger y transmitir a las generaciones venideras.

En este ámbito, la utilización del Escáner Láser 3D constituye un equipo de toma de datos que proporciona un detalle exhaustivo sobre las formaciones encontradas, con un tiempo de toma de datos muy inferior a las técnicas tradicionales y una resolución muy superior. Esto hace de este equipo un instrumento de gran interés en la documentación espacial de los yacimientos arqueológicos.

SUMMARY: The archaeological deposits are an important source of intelligence and comprises of the historical memory that each community has and that, therefore, must study, protect and transmit to the coming generations.

In this scope, the use of the Scanner Laser 3D constitutes an equipment of taking of data that provides an exhaustive detail on the formation found, with a time of taking of data far below to the traditional techniques and a resolution very superior. This makes of this equipment an instrument of great interest in the space documentation of the archaeological deposits.

PALABRAS CLAVE: Yacimiento, escáner, documentación, espacial, métrica, modelización.

KEY WORDS: Deposit, scanner, documentation, spatial, metric, modelling.

I. INTRODUCCIÓN

Un Yacimiento o Sitio Arqueológico es un elemento patrimonial, es decir, es un bien cultural que pertenece, en última instancia, a toda la sociedad, sin perjuicio de su posesión inmediata por parte de una entidad pública o de un propietario privado, constituyendo un documento histórico de primera mano.

Los yacimientos arqueológicos son una importante fuente de información y forma parte de la memoria histórica que cada comunidad tiene y que, por lo tanto, debe estudiar, proteger y transmitir a las generaciones venideras.

En esta labor de documentación, una parte relevante es conocer las dimensiones de los elementos que, durante el proceso de excavación, son identificados, como las estructuras de habitáculos,

etc., puesto que proporcionan una información de especial relevancia sobre la forma de vida de los pobladores del lugar.

Teniendo en cuenta, además, que a veces sucede que en el mismo lugar se producen varias ocupaciones, podemos encontrar que un Yacimiento puede ser un entramado complejo que muestra la evolución del sistema socioeconómico del lugar, siendo necesario documentar adecuadamente cada una de las épocas de ocupación identificadas.

El presente Póster tiene como objetivo exponer la utilización del Escáner Láser 3D en los yacimientos arqueológicos, mostrando los resultados obtenidos en el Yacimiento de Conimbriga (Coimbra – Portugal), antigua ciudad romana localizada en la vía militar que iba de Olisipo (Lisboa) a Bracara Augusta (Braga).



Fig. 1. La imagen de la izquierda se corresponde con la nube de puntos capturada con el escáner. Una vez tratada (dcha), podemos convertir los puntos en un sólido al que aplicamos texturas de alta resolución. Podemos observar el detalle de las oquedades en la piedra.

El escáner láser es un equipo de reciente utilización que captura un gran número de puntos, lo que permite representar el más mínimo detalle, con una gran rapidez y sin causar ningún tipo de daño en el elemento que se quiere estudiar, al tratarse de un equipo de medición remota (Bravo 2005).

La iglesia de San Andrés, que aunque ha perdido su función de parroquia, es uno de los templos más singulares del románico abulense, está formada por tres naves con sus correspondientes ábsides, siendo el central de mayores proporciones y más profundo que los laterales. Iniciadas obras de restauración, aparecieron restos de interés arqueológico que se consideró necesario documentar.

II. METODOLOGÍA EMPLEADA

Analizada las circunstancias en las que se encontraban los elementos de interés, se consideró que el mejor método de documentación métrica de los restos arqueológicos aparecidos es la utilización de la tecnología correspondiente al escáner láser 3D. En concreto, se procedió al levantamiento de las zonas de interés utilizando el escáner láser Trimble GX, con el fin de tener un gran detalle métrico de los elementos de estudio. El escáner láser Trimble, se encuentra dentro de los escáneres de “tiempo de vuelo” que permiten la captura de puntos hasta una distancia de 350 m. Este sistema de medida captura, para cada punto, las coordenadas X, Y y Z, además de información sobre el color (en función de las cantidades de rojo, verde y azul, componentes del color en el sistema

RGB) el valor de la intensidad y el de la normal, que facilitan una información adicional a la posición de cada punto. Esto va a permitir la modelización métrica y radiométrica del elemento estudiado.

Para el levantamiento de las dos zonas del exterior se han tomado más de 650.000 puntos, para una superficie cifrada en aproximadamente 6 m², lo que da una idea del detalle de toma. La resolución fijada ha sido de 2 cm lo que explica la alta cantidad de puntos que conforman el levantamiento. Este grado de detalle permitirá a los expertos avanzar en el estudio y el conocimiento de este bien patrimonial.

En las mediciones realizadas en el exterior de la Iglesia de San Andrés (Ávila) podemos ver la nube de puntos (Figura 1 - izquierda), y los resultados obtenidos tras aplicar texturas fotográficas al sólido creado a partir de la nube de puntos (Figura 1 - derecha y centro). La nube de puntos nos muestra un ejemplo de la definición del elemento únicamente con puntos. En este caso como se ha realizado la captura con todas las posibilidades de este escáner, el aspecto del objeto radiado es muy real, puesto que se ha capturado las normales de sombra y se encuentran iluminadas de distinta forma las zonas vistas y las ocultas. La Figura 2 muestra la segunda zona del levantamiento realizado.

Los productos que se pueden obtener a partir de los levantamientos con el escáner láser son muy variados y pueden oscilar desde aspectos divulgativos a otros como la reconstrucción en el caso de que el objeto desapareciera (Farjas *et al.*

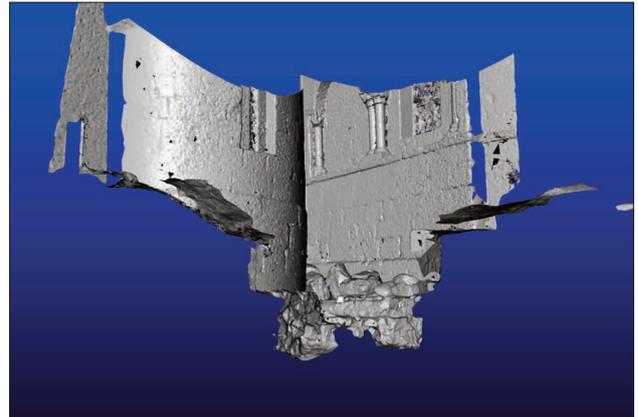
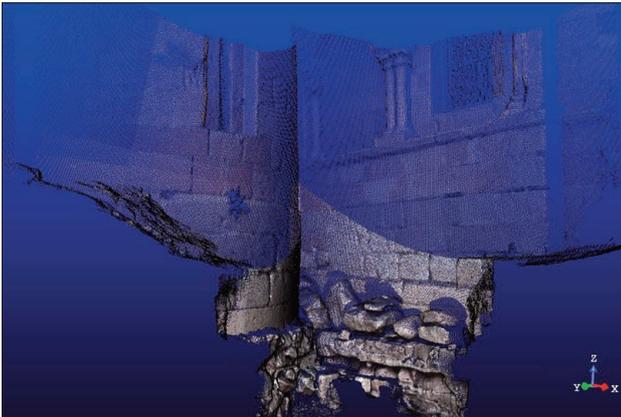


Fig. 2. Detalle del proceso seguido en la iglesia de San Andrés. Pasamos de la nube de puntos a la creación de un sólido. En este caso aún no se han aplicado las texturas que le darán una apariencia más real.

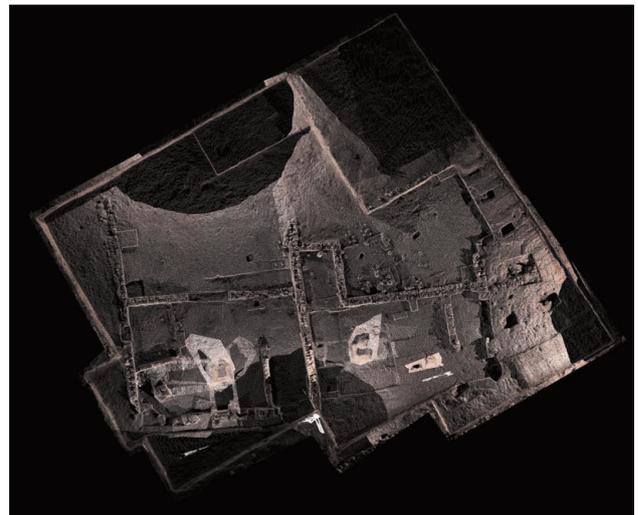
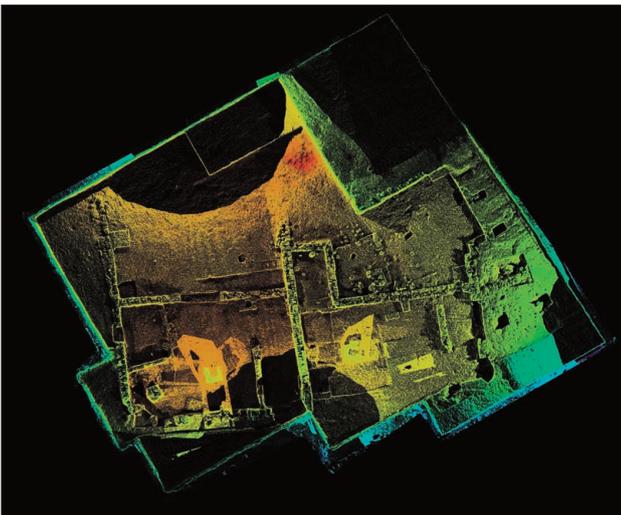


Fig. 3. Ortoimagen obtenida a partir de nube de puntos, en la que se aplica un color a diferentes profundidades en una de las excavaciones realizadas en el yacimiento de Segeda.

Fig. 4. Ortoimagen en nivel de gris. Las zonas más claras se corresponden con una mayor resolución de la toma de puntos.

2008). Uno de los aspectos a tener en cuenta dentro de todos los trabajos y estudios en cualquier actividad arqueológica es la de hacer llegar al mayor número de personas posible los resultados de la investigación. En algunos casos como información adicional en los propios yacimientos, museos, etc. y en otros casos, facilitando visitas y/o reconstrucciones virtuales. En estos casos, el aspecto más realista se logra con la creación de sólidos tridimensionales a los que se aplican las texturas obtenidas con cámaras digitales de alta resolución.

Las características de la información capturada va a facilitar la creación de ortoimágenes, sobre las que se pueden realizar mediciones (al tratarse de una proyección ortogonal), posicionar elementos nuevos que vayan apareciendo y facili-

tar la gestión posterior mediante un Sistema de Información Geográfica, entorno en el cual podremos realizar una gestión completa de la Excavación.

En la Figura 3 se muestra una ortoimagen realizada a partir de un levantamiento realizado en el yacimiento de Segeda (Mara, Zaragoza). Se puede apreciar el grado de detalle obtenido a partir del volumen de puntos radiado. Observamos las zonas tomadas con una mayor resolución (en este caso las tahonas —Figura 5— y la fragua —Figura 6— encontradas); además se puede establecer una clasificación por colores correspondiente a diferentes altitudes (morado-azul para las zonas más altas y rojo para las más bajas) o, utilizar el color verdadero para obtener un resultado más acorde a la realidad de la excavación y más próximo a la ortofotografía tradicional (Figura 4).

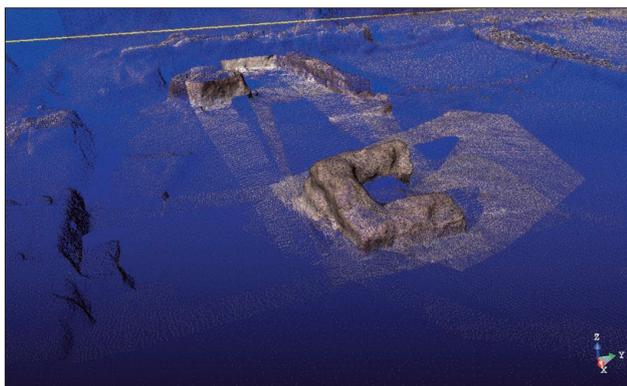


Fig. 5. Detalle de una de las tahonas encontradas en Segeda.

Una excavación arqueológica lleva aparejado un proceso largo y minucioso y, aunque se documentan las diferentes fases y los hallazgos localizados, el control métrico realizado por métodos tradicionales debe complementarse utilizando estas nuevas técnicas, puesto que es posible controlar, de una forma muy rápida, la evolución de la excavación a lo largo del tiempo.

En la Figura 7 se muestra la evolución de la excavación en una zona de la basílica paleocristiana que se localiza en el yacimiento de Conímbriga (Condeixa-a-Nova, Coímbra, Portugal).

Se realizaron 2 levantamientos de la misma zona. El primero de ellos al comienzo de la campaña, en el mes de julio. Posteriormente, una vez finalizada la excavación, en octubre se volvió a

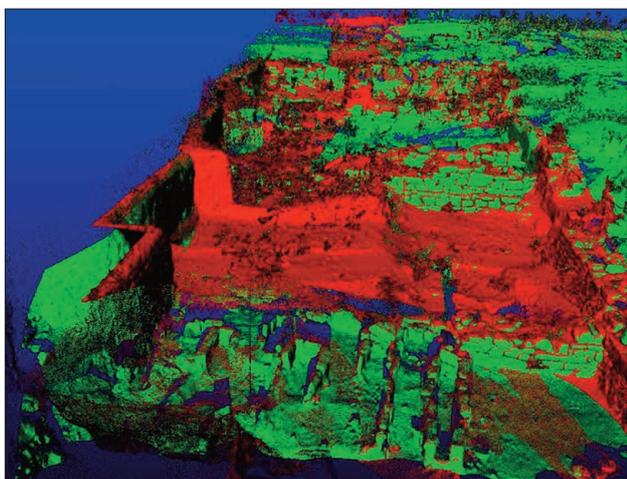


Fig. 7. Detalle de la evolución de una excavación en el tiempo.

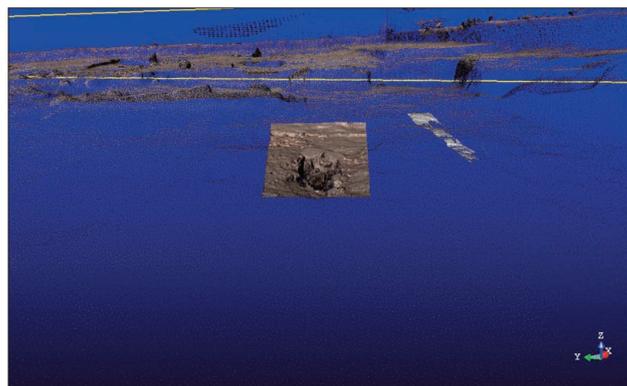


Fig. 6. El detalle del levantamiento es muy alto tal y como se puede apreciar en la fragua encontrada en Segeda. La gran cantidad de puntos tomados dan la sensación de que fuera un sólido.

realizar el trabajo con el fin de estudiar, de una forma métrica, la evolución de la excavación.

La zona en rojo se corresponde con el trabajo realizado durante el mes de julio y los puntos de color verde con los tomados en el mes de octubre. Los puntos de color rojo son muy visibles puesto que la zona correspondiente al final de la excavación tiene una cota más baja y el rojo queda, por tanto, en la parte superior.

En la zona de la izquierda (Figura 7) queda patente el retranqueo de tierras que ha tenido lugar entre ambos periodos. Es posible, por tanto alcanzar un alto grado de seguimiento en el control métrico de la excavación y además controlar el movimiento de tierras y los elementos que vayan apareciendo.

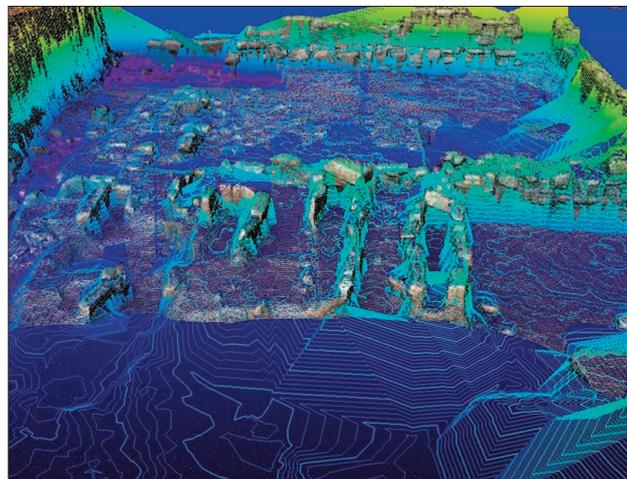


Fig. 8. A partir de la nube de puntos podemos obtener productos cartográficos tradicionales como curvas de nivel.

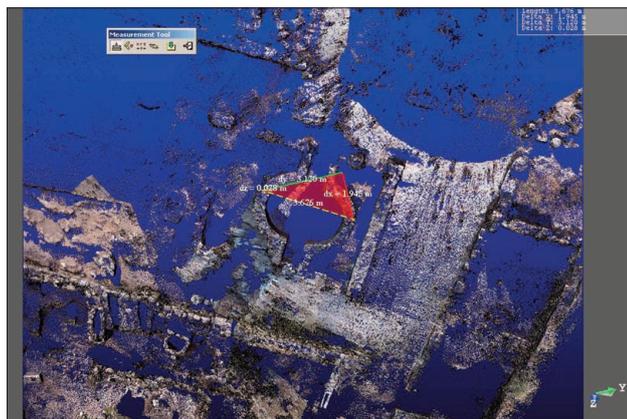


Fig. 9. La posibilidad de medir distancias reales en cualquier momento permite dar un valor añadido a la información disponible.

Una vez puesto de manifiesto las variaciones producidas, podemos calcular el volumen de tierras movidas o, el volumen y magnitudes de cualquier elemento. Estos cálculos se pueden realizar, bien con el programa de trabajo del escáner o bien exportando los puntos a un sistema CAD.

También es posible ajustar mediante cálculo automático, curvas de nivel a la nube de puntos, tal y como se ve en la Figura 8, pudiendo llevar estas geometrías a programas externos (AUTOCAD, Microstation, etc.), pudiéndose realizar multitud de operaciones posteriores. En este caso se ha superpuesto una parte de la nube de puntos al curvado y se puede observar cómo se ajustan ambos elementos. La posibilidad de realizar, en cualquier momento, mediciones entre los puntos (Figura 9) va a permitir seguir haciendo estudios, ya fuera de la excavación, de los diferentes elementos, con las posibilidades que esto trae consigo. En la Figura 10 vemos las diferencias entre la percepción que nos da una fotografía convencional y la imagen de puntos de la misma zona capturada con la tecnología láser.

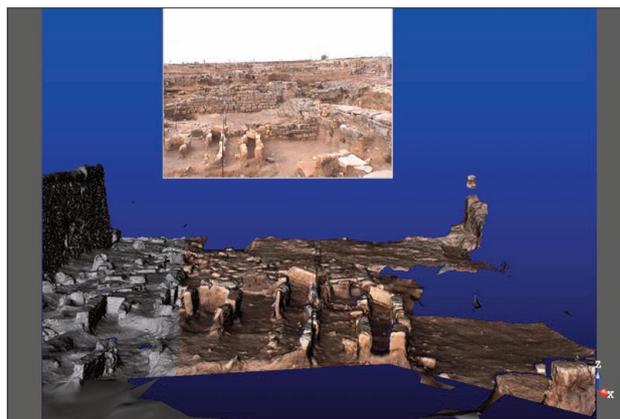


Fig. 10. Junto a los datos métricos se pueden visualizar fotografías, que sitúan los puntos en la posición de la toma fotográfica.

III. CONCLUSIONES

El sistema del escáner láser 3D *a priori* se caracteriza por la rapidez en la captura de datos. El proceso de la captura de datos se ha reducido a uno o dos días como máximo, en cada uno de los levantamientos realizados. En el caso de no haber dispuesto de este equipo, el trabajo de campo hubiera llevado muchos más días y, en ningún caso hubiéramos alcanzado el nivel de detalle conseguido.

A partir de la nube de puntos es posible realizar diferentes operaciones con los datos que facilitan la obtención de diferentes productos (sólidos, ortofotografías, curvados,...). Es destacable el largo proceso de gabinete necesario para conseguir estos productos que se contrapone con el punto anterior.

Es muy interesante la utilización de este equipo para registrar la evolución de un yacimiento, puesto que se puede cuantificar desde el volumen de tierra movido hasta la posición espacial exacta de los hallazgos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO RODRIGUEZ, M.; LOPEZ MAZO, A.; FARJAS ABADÍA, M. y AYORA BAENA, F. 2002: "Levantamiento de la cúpula de la Basílica del Monasterio de San Lorenzo de El Escorial. Aplicación experimental de la estación total de lectura directa". *Topografía y Cartografía. Volumen XIX, Mayo-Junio 2002*. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía. Madrid: 19-33.
- BARBER D.; MILLS, J. y BRYAN, P. 2004: *Towards A Standard Specification For Terrestrial Laser Scanning In Cultural Heritage*. ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing). Estambul. Commission V, WG V/2.
- BRAVO RIBÓ, A. 2005: *Topografía de Alta Definición-HDS aplicaciones y entregas leica tour'05*. Internet, http://www.mappinginteractivo.com/plantilla.asp?id_articulo=1052&u_Search=acre
- DEMIR, N.; BAYRAM, B.; ALKIŞ, Z.; HELVACI, C.; ÇETIN, I.; VÖGTLE, T.; RINGLE, K. y STEINLE E. 2004: *Laser Scanning For Terrestrial Photogrammetry, Alternative System Or Combined With Traditional System?*. ISPRS(International Society for Photogrammetry and Remote Sensing). Commission V, WG V/2. Estambul.
- FARJAS, M. y GARCÍA-LÁZARO, F. J. 2008: *Modelización Tridimensional y Sistemas Laser Escaner aplicados al Patrimonio Histórico*. La Ergástula (Ed.).Madrid, Spain.
- FARJAS, M. 2007: *El registro en los objetos arqueológicos: Métrica y Divulgación*. Reyferr, Madrid.
- FARJAS, M. 2006: *Aulaweb. Topografía II. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica*. UPM.
- FARJAS, M. y SARDIÑA, C. 2003: "Novedades Técnicas: Presentación del equipo Cyrax 2500 de Leica Geosystem". *Topografía y Cartografía*. Volumen XX, Número 116. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía. Madrid: 70-71.
- FARJAS, M. 2003: "Las Ciencias cartográficas en la arqueología: la búsqueda de la métrica en los modelos de divulgación científica". *DATUM XXI* 3: 4-12.
- KERSTEN, T.; STERNBERG, H. y MECHELKE K. 2005: *Investigations into the accuracy behavior of the terrestrial laser scanning system Mensi GS 100*. Optical 3-D Measurement Techniques VII, Gruen/Kahmen (Ed.). Vol. I. Vienna: 122-131.
- KERSTEN, T. y STERNBERG, H. 2007: "Comparison of terrestrial laser scanning systems in industrial as-built-documentation applications". *Optical 3-D Measurement Techniques VIII*, Gruen/Kahmen (Ed.). Vol. I.Zurich. July 9-12. 2007: 389-397.
- KERSTEN, T.; STERNBERG, H. y STIEMER, E. 2005: "First experiences with terrestrial laser scanning for indoor cultural heritage applications using two different scanning systems". *IAPRS*, Vol. XXXVI, Part 5/W8, Editors R. Reulke & U. Knauer, Proceedings of the ISPRS working group V/5 "Panoramic Photogrammetry Workshop", Berlin, Germany, February 24-25.
- STERNBERG, H. 2006: *Deformation measurements at historical buildings with the help of three-dimensional recording methods and two-dimensional surface evaluations*. 3rd IAG /12 th FIG Symposium, Baden, May 22-24.
- STERNBERG, H. 2006: *Deformation measurements at historical buildings with terrestrial laserscanners*. IAPRS Volume XXXVI, Part 5, Commission V, WG V/3, Dresden 25-27 September 2006.