

Aplicación de técnicas avanzadas para el registro y la documentación estratigráfica en arqueología

Joaquín Aguilar Camacho, Gabriel Granado Castro y José Antonio Barrera Vera

Departamento de Ingeniería Gráfica de la Universidad de Sevilla. España

Resumen

Los trabajos de arqueología acometidos en la Catedral de Sevilla a raíz de la intervención desarrollada en la Capilla Real de este majestuoso templo, han brindado al equipo de trabajo del Dpto. de Ingeniería Gráfica de la Universidad de Sevilla una oportunidad única para buscar soluciones alternativas a las limitaciones encontradas en técnicas tradicionales de documentación y registro estratigráfico en arqueología. Las necesidades de partida formuladas por los miembros del equipo arqueológico han servido de base y estímulo para aplicar a este fin los actuales avances en fotogrametría digital.

Palabras Clave: ESTRATIGRAFÍA ARQUEOLÓGICA, FOTOGRAMETRÍA DIGITAL, DOCUMENTACIÓN ESTRATIGRAFICA.

Abstract

The archaeological work completed in the Seville Cathedral, following the intervention developed in the Royal Chapel of this majestic temple, has provided to the Department of Graphic Engineering's team, University of Seville, a unique opportunity to deal with alternative solutions to the limitations found by traditional stratigraphic documentation techniques in archeology. Thus, the initials needs made by the team manager of that archaeological intervention, formed the basis and impetus to apply at the documentation and registration Stratigraphic in archeology, current digital photogrammetric techniques.

Key words: STRATIGRAPHIC DOCUMENTATION, STRATIGRAPHIC IN ARCHEOLOGY, DIGITAL PHOTOGRAMMETRIC TECHNIQUE.

1. Introducción

Los trabajos arqueológicos llevados a cabo en la S.P.M. Catedral de Sevilla, a raíz de la intervención desarrollada en la Capilla Real de este majestuoso templo, han servido de base y estímulo para abordar el reto de aplicar a la documentación y al registro estratigráfico en arqueología las actuales técnicas de fotogrametría digital.

Esta búsqueda de una nueva metodología de registro, fruto de la propia necesidad y experiencia, nos ha llevado a generar un procedimiento de trabajo, basado en los actuales avances en este campo, cuyos resultados quedan plasmados en el presente artículo.

2. Objetivo

Este artículo tiene por objeto poner de manifiesto las cuantiosas ventajas que la fotogrametría, como técnica de documentación gráfica, reporta al registro y análisis estratigráfico en arqueología.

3. Antecedentes

Intervención arqueológica en la Capilla Real de la S.P.M. Iglesia Catedral de Sevilla.-

Los antecedentes propios de la intervención arqueológica desarrollada en la Capilla Real, Panteón Regio y actual sede del trono de la patrona de Sevilla, los encontramos en el proyecto redactado para la restauración y conservación de su pavimento, actuación encuadrada dentro del Plan Director de la Catedral, que ha posibilitado esta intervención. El objeto principal de la misma es el cambio de la solería de la Capilla Real, debido a su mal estado de conservación.

En cuanto a los aspectos de la parte de la intervención con interés para la presente ponencia, una primera conclusión, que sirve para argumentar la aplicación de la metodología propuesta y seguida, sería que el estudio pormenorizado de la secuencia estratigráfica de la excavación a desarrollar constituye uno de los objetivos prioritarios, a nivel arqueológico e histórico, de la intervención. Máxime si, como el propio proyecto recoge, nos encontramos ante una actuación investigadora inédita, tan singular y de carácter puntual –de extensión temporal y espacial limitada y, probablemente, irreplicable en muchos años–, en un entorno preservado por el mayor de los grados de protección patrimonial y de una inusitada composición arquitectónica, que dan buena cuenta de la trascendencia y del nivel de exigencia precisados en los trabajos de registro y documentación durante la intervención.

Técnicas tradicionales empleadas en la documentación de estratigrafía arqueológica.-

En lo que se refiere a las técnicas empleadas para la documentación estratigráfica en arqueología, podemos hablar de una metodología o técnica tradicional y ampliamente difundida, que predomina en la mayoría de los trabajos de registro estratigráfico en arqueología.

Esta técnica, en esencia, es la que se viene aplicando a la documentación y registro de perfiles y secciones desde los inicios de la estratigrafía arqueológica como ciencia. Así, el arqueólogo director de la excavación o algún miembro de su equipo, procede a dibujar sobre un soporte escalado –papel milimetrado o de cuadrícula- un croquis de la sección del sondeo realizado, en el que se representan, de una manera muy aproximada, las líneas de interfaces que, a su juicio y bajo su percepción arqueológica en ese instante, representan la división estratigráfica del perfil de la excavación. Además, el mencionado croquis se referencia al resto de elementos del yacimiento y se dota de una pseudoescala a base de tomar distancias y alturas a puntos de referencia distribuidos por el propio perfil y por el yacimiento, con unos medios –cinta métrica, flexómetros y jalones- y un rigor métrico más que cuestionable.

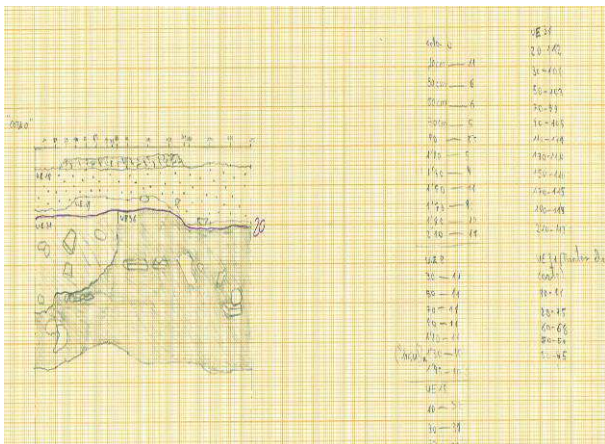


Figura 1. Registro de sección estratigráfica mediante croquis en papel milimetrado. (Aguilar Camacho, G., 2012).

Una vez materializado el croquis del perfil y la estratigrafía a documentar, se procede a asignar números a los distintos estratos y a diferenciar gráficamente éstos mediante el empleo de rellenos de trama o sólidos. Además, es habitual que, como último paso de la metodología descrita, se proceda a digitalizar el croquis de campo elaborado, lo que contribuye a mejorar su presentación, que no su rigor.

4. Problemática del método tradicional de representación

Ahora pues, analicemos las principales limitaciones y deficiencias encontradas a este método:

- Subjetividad de interpretación.- La ineludible exigencia de una interpretación previa, e incluso simultánea al proceso de representación y documentación, de la estratigrafía de un

perfil, sus interfaces y sus relaciones arqueológicas por parte del profesional que va a documentar la estratigrafía, supone un verdadero condicionante a la calidad del trabajo resultante, más si cabe que la posible falta de rigor métrico en su representación.

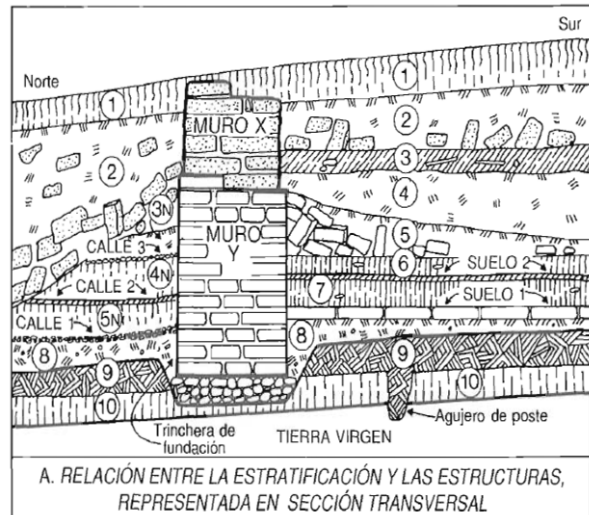


Figura 2. Croquis de una sección estratigráfica elaborado con la metodología tradicional. (De Wheeler, 1954)

- Falta de proporcionalidad.- La falta de proporcionalidad puede inducir errores en la interpretación y análisis de la estratigrafía documentada, al no estar proporcionada la dimensión de unos estratos y elementos respecto a otros, ni su forma, ni la posición relativa entre ellos.
- Falta de rigor métrico.- La falta de rigor métrico es ineludible y está directamente vinculada con la propia metodología de representación, que se fundamenta en un proceso de discretización del perfil, de sus estratos y elementos, para realizar el levantamiento de los mismos.
- Pérdidas de texturas y composiciones originales.- La transcripción de la realidad mediante un croquis compuesto por líneas conlleva la pérdida total de la conformación natural de los estratos y del perfil en su conjunto, de manera que aquellas características -composición, estado, color, distribución, impurezas, texturas, granulometrías, alteraciones, etc...- inherentes al terreno y a los restos arqueológicos no pueden registrarse con la metodología tradicional, sino con el uso de tramas y rellenos asociados a una leyenda.
- Discretización de elementos del perfil.- La necesaria discretización de un elemento irregular a la hora de su representación supone una pérdida de información extraordinaria resultando, junto a la subjetividad de interpretación, los dos principales condicionantes de la calidad de un registro estratigráfico arqueológico.
- Errores de georreferenciación.- Esta deficiencia está directamente relacionada con la falta de rigor métrico, pues la determinación inexacta de la posición planimétrica y/o altimétrica de los puntos de referencia fijados en un perfil y sus estratos, puede ser una fuente importante de error a la hora de interpretar y establecer relaciones y organizaciones

cronológicas entre todos los distintos perfiles y estratos de una excavación.

- **Eventualidad.-** En el momento que concluye la actuación arqueológica o dicha sección o perfil desaparecen por necesidades de la misma, toda información no recopilada o erróneamente recopilada, se habrá perdido para la posteridad.
- **Falta de verificación.-** La eventualidad de la realidad estratigráfica, además, implica la imposibilidad de nuevos análisis o reinterpretaciones futuras por otros profesionales de la arqueología o, incluso, por el mismo profesional que estudió e interpretó durante la fase de campo y al que, la maduración de ideas y las conclusiones finales, analizando el mismo registro estratigráfico desde otra perspectiva, le llevarían a observar nuevos aspectos que pasaron inadvertidos en un primer momento.

5. Principales condicionantes para la documentación gráfica de perfiles estratigráficos

Finalidad y exigencias del trabajo.-

Los primeros condicionantes que nos encontraremos a la hora de abordar la documentación gráfica de perfiles estratigráficos serán siempre las necesidades y exigencias finales, en cuanto a resultados, del equipo de arqueólogos que dirigen una excavación, que marcarán el nivel y la calidad precisada en la labor de documentación.

Iluminación.-

Por todos es conocido el papel esencial que desempeña la luz en una captura fotográfica –pues sin la una no es posible la otra-. Aparte de resultar un factor físico imprescindible en el proceso fotográfico, la luz posee una función plástica de expresión y modelado que confiere un significado y un carácter tal a la imagen generada, que muchas veces ella sola determina la calidad del resultado obtenido. Esta es la razón por la que la luz resulta un condicionante esencial en la aplicación del método propuesto, especialmente si tenemos en cuenta que las superficies a documentar –secciones y perfiles- suelen tener una disposición espacial vertical y en las que la luz natural incide siempre de forma oblicua, generando sombras y contrastes que acentúan la profundidad y volumen de los objetos tridimensionales, dando lugar a un resalte no deseado de las texturas originales.

Distancia de enfoque.-

La distancia de enfoque es la distancia existente entre el objeto enfocado y la cámara. Esta distancia depende directamente de la superficie útil del perfil o sección a documentar e inversamente del ángulo de visión de la lente, que a su vez está íntimamente ligado a la longitud focal de la misma.

En la documentación de perfiles estratigráficos de sondeos o catas arqueológicas, es frecuente encontrar dos factores que condicionan o limitan la distancia máxima de enfoque que se puede emplear. Uno de ellos, es la dimensión del propio sondeo, que aunque varía para cada intervención arqueológica es siempre un factor limitante, en el sentido de que a mayor dimensión del sondeo o cata, mayor superficie de los perfiles estratigráficos a documentar. El otro factor al que nos referimos, es la existencia de restos arqueológicos en el interior de los sondeos, que son determinantes de las posiciones que se pueden ocupar para

realizar las capturas fotográficas y, por ende, pueden restringir la distancia de enfoque máxima.

Una posible solución a este problema planteado, pasa por realizar una discretización del registro de aquellos perfiles estratigráficos en los que las condiciones de trabajo no permitan adoptar la distancia de enfoque más idónea para la documentación, mediante una única toma fotográfica, de una sección.

Falta de perfilado de las secciones.-

Con este aspecto nos referimos a la falta de perfilado con la que habitualmente se excavan los bordes de un sondeo, que definen las secciones o perfiles estratigráficos a documentar. No olvidemos que ésta es una operación que se suele desarrollar con medios manuales.

Indefinición de bordes de las secciones.-

Los bordes de un perfil presentan, en cuanto a su perfilado, una problemática específica añadida respecto al perfilado del resto de la sección, resultando un condicionante también para su correcta documentación. Hablamos de la indefinición de bordes que puede entrañar un mal perfilado de la excavación y que puede inducir no sólo a errores en la interpretación y registro de los límites de éste, sino a una distorsión de la estratigrafía original de la propia sección en sus bordes, al confundirse y mezclarse con los estratos arqueológicos de las secciones contiguas.

Textura y composición del perfil.-

Los resultados obtenidos pueden ser muy dispares en función de la textura y composición granulométrica de los diversos estratos arqueológicos que compongan un perfil, especialmente si éste factor se analiza de forma conjunta con los parámetros de iluminación bajo los que se realiza la toma fotográfica. Así, una textura y una granulometría acentuada, con rugosidades y oquedades abundantes y con un relieve significativo sobre la superficie que hemos definido como pseudoplano, obliga a unas condiciones de iluminación muy exigentes para evitar la formación de sombras que menoscaben la claridad y calidad del producto resultante.

De igual manera, los contrastes acentuados entre texturas de la estratigrafía de un perfil, con tonalidades muy dispares –claras y oscuras-, perjudican el logro de unas condiciones de iluminación adecuadas y unos resultados satisfactorios.

6. Metodología

Medios fotográficos utilizados para la captura y registro de perfiles estratigráficos.-

En la fase de trabajo de campo, la captura y registro de la estratigrafía de los perfiles se realizó con ayuda del siguiente instrumental fotográfico:

- Cámara fotográfica reflex digital marca Canon, modelo EOS 450d.
- Objetivo EF-S 18-55mm f/3,5-5,6 IS II.

Medios topográficos de apoyo utilizados para la georreferenciación y restitución de perfiles estratigráficos.-

Para georreferenciar la posición y la cota altimétrica de cada perfil estratigráfico dentro de la excavación, se emplearon una estación total dotada de distanciómetro láser y un nivel digital de precisión:

- Estación total Leica Flexline TS02.
- Nivel óptico-electrónico de alta precisión Leica DNA03.

Software de post-procesado utilizado para la obtención de los fotoperfiles métricos.-

En la fase de postproceso o gabinete, fue preciso emplear un software para el tratamiento y restitución de las imágenes fotográficas captadas, así como un software específico de CAD y otro de topografía que permitiera realizar el montaje y la presentación de los fotoperfiles métricos. El software empleado a estos efectos ha sido:

- ©PhotoModeler Scanner (versión 6).
- ©ASR Digital Image Rectifier.
- ©Autocad 2010.
- ©Protopo v.6.1.
- ©Microsoft Paint v.5.1.

Planificación de los trabajos.-

Una vez conocidas las necesidades del equipo de arqueólogos en cuanto al registro estratigráfico de perfiles, el primer paso es realizar una planificación de los trabajos tanto de campo como de gabinete a realizar.

Planificación de los trabajos en la fase de campo.-

En una primera fase de campo, la planificación del trabajo comprendió tres etapas:

- Estudio de los condicionantes de cada perfil.
- Georreferenciación de los perfiles.
- Capturas fotográficas de los perfiles.

Planificación de los trabajos en la fase de gabinete.-

La fase de postproceso o gabinete, se desarrolló igualmente en tres etapas bien diferenciadas:

- Corrección de deformaciones en las tomas fotográficas.-
- Fotorrestitución de las tomas corregidas.-
- Georreferenciación y obtención de los fotoperfiles métricos.-

Finalmente, el ortofotoperfil de cada sección se obtiene generando una vista frontal –que no ortogonal- a modo de alzado del mismo respecto al borde de la excavación que lo contiene. Es importante hacer hincapié en el hecho de que lo que se obtiene como ortofotoperfil corresponde a una vista frontal –un alzado- pues, aunque a efectos métricos la diferencia es mínima, conceptualmente ésta difiere de una ortoimagen en que respeta la posible inclinación entre la sección y la vertical del lugar, de manera que la medición de cotas en el ortofotoperfil impreso se realiza respecto a la vertical del lugar y no respecto a la vertical del pseudoplano que define la sección.

La última etapa corresponde al maquetado de cada ortofotoperfil para su impresión, digital o en papel, en un plano a escala. Es importante destacar que el ortofotoperfil se acompaña de una escala gráfica horizontal y vertical, materializada esta última a ambos lados del mismo, tal cual puede apreciarse en el siguiente apartado de resultados.

7. Resultados

Secciones estratigráficas registradas y documentadas gráficamente mediante fotoperfiles métricos.-

La siguiente secuencia de imágenes es representativa de la presentación final obtenida para cada ortofotoperfil.

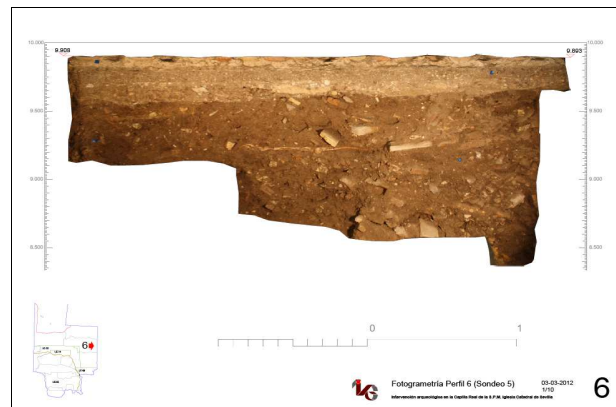


Figura 3. Presentación de un fotoperfil métrico estratigráfico obtenido mediante una toma fotográfica única por la metodología propuesta. (Elaboración propia, 2012)

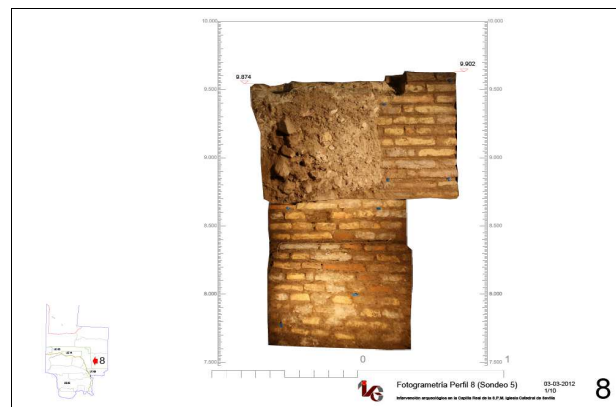


Figura 4. Presentación de un fotoperfil métrico estratigráfico obtenido mediante la composición de tres tomas fotográficas por la metodología propuesta. (Elaboración propia, 2012).

Interpretación arqueológica de la estratigrafía sobre los fotoperfiles métricos.-

Una de las principales ventajas que aporta la metodología de registro y documentación expuesta, se basa en la posibilidad de que, una vez materializados los fotoperfiles métricos en papel o

en un fichero, cualquier profesional de la arqueología puede proceder al estudio, análisis e interpretación estratigráfico objetivo de todos los perfiles excavados en la intervención, tantas veces como necesite, sin la premura, la incomodidad y la inexactitud de tener que hacerlo “in situ” y sobre la marcha, lo que provoca, como ya se ha expuesto, una fuerte carga de subjetividad en los resultados y conclusiones y una importante pérdida de información.

Además, los fotoperfiles métricos permiten reflejar el resultado del proceso de análisis e interpretación realizado por el arqueólogo director de la excavación, tal cual se hace en la metodología tradicional, pero con una ventaja esencial sobre la misma –que a su vez es la principal aportación de esta metodología propuesta–, pues al no generar como producto del registro y la documentación gráfica un resultado discretizado e interpretado subjetivamente de la realidad, no conlleva pérdida de información y, por tanto, permite su reinterpretación a posteriori por el mismo u otros profesionales de la arqueología, contribuyendo a optimizar los resultados de la investigación global de la excavación.

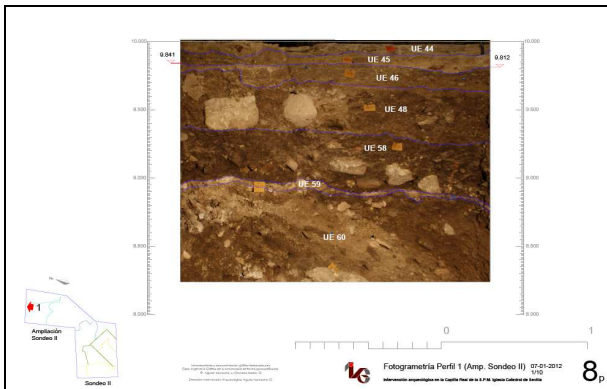


Figura. 5. Interpretación estratigráfica sobre un fotoperfil métrico. (Elaboración propia, 2012).

8. Conclusiones

Destacar que la metodología propuesta y descrita en este trabajo, permite materializar el registro y la documentación estratigráfica de una sección arqueológica con las siguientes aportaciones frente a la técnica que viene empleándose tradicionalmente:

- No precisa realizar una interpretación subjetiva y previa de la estratigrafía, evitando por tanto la pérdida o distorsión de cualquier información o dato relevante del perfil en su documentación.
- No da lugar a deformaciones métricas ni de la proporcionalidad entre estratos y elementos del perfil de carácter significativo. Los posibles errores e imprecisiones derivados del propio procedimiento son perfectamente asumibles para el fin que se pretende, por lo que aporta una representación fidedigna de la geometría y las relaciones espaciales de sus elementos.
- Constituye una representación continua y completa de la realidad.
- Es una representación que conserva las texturas, colores y composiciones originales.
- La georreferenciación espacial de las distintas secciones, realizada de forma global y conjunta para todos los elementos de un perfil respecto al resto de elementos de la excavación.
- La atemporalidad e independencia de cara al análisis e interpretación estratigráfica de una sección, de manera que cualquier profesional y en cualquier momento, aunque la excavación haya concluido, puede proceder a estudiar, con detalle y sin pérdida de información, las secciones estratigráficas del yacimiento y extraer nuevas conclusiones, complementarias o alternativas a las ya obtenidas.

Como conclusión final, la metodología de documentación y registro estratigráfico presentada aporta evidentes ventajas sobre la metodología tradicional, utilizada mayoritariamente hasta la fecha, si bien, su aplicación requiere de una formación específica cualificada y de unos medios de trabajo que no siempre están al alcance de cualquier excavación arqueológica. No obstante, su presencia y supremacía, en intervenciones arqueológicas singulares o relevantes, no debiera ser cuestionada ni relegada por ningún profesional o por la metodología tradicional.

Bibliografía

- BARRERA VERA, J.A. (2006): Aplicación de tecnologías innovadoras en la documentación geométrica del patrimonio arquitectónico y arqueológico. Tesis doctoral. Sevilla.
- HARRIS, EDWARD C. (1991): Principios de Estratigrafía Arqueológica. Traducido por García Trócoli, Isabel. Barcelona: Crítica.
- LERMA GARCÍA, J.L. (2002): Fotogrametría moderna: analítica y digital. Universidad Politécnica de Valencia.
- WHEELER, R E. M. (1954): *Archaeology from the Earth*, Oxford University Press, Oxford (hay trad. cast.: Arqueología de campo, Fondo de Cultura Económica, segunda reimpresión, 1979, trad. de José Luis Lorenzo, México-Madrid).