

# **FOTOGRAMETRÍA: UN APORTE SUSTANCIAL A LA LECTURA DE PARAMENTOS DEL SITIO INGENIO LASTENIA (DPTO. CRUZ ALTA, TUCUMÁN)**

*Fernando Andrés Villar<sup>1</sup>*

## **• RESUMEN •**

En este trabajo evaluamos y exponemos el potencial de la Fotogrametría Digital mediante el uso del software especializado en restitución fotogramétrica *Agisoft PhotoScan* como método complementario para desarrollar Lecturas de Paramentos de Edificios Históricos en el sitio Ingenio Lastenia (Dpto. Cruz Alta, Tucumán). La combinación de ambas metodologías, la primera procedente de la Arqueología Virtual, y la segunda de la Arqueología de la Arquitectura, puede ser fundamental para estudiar y comprender la dinámica constructiva de los edificios que componen al sitio estudiado.

*Palabras clave: PArqueología Virtual; Lectura de Paramentos de Edificios Históricos; Arqueología Industrial; Sitio Ingenio Lastenia; Tucumán*

# **PHOTOGRAMMETRY: A SUBSTANTIAL CONTRIBUTION TO THE READING OF PARAMENTS OF THE SITE INGENIO LASTENIA (DEPARTMENT CRUZ ALTA, TUCUMÁN)**

## **• ABSTRACT •**

In this work we evaluate and expose the potential of Digital Photogrammetry through the use of software specialized in photogrammetric restitution *f PhotoScan*, as a complementary method to develop Readings of Paraments of Historic Buildings in Ingenio Lastenia Site (Cruz Alta Department, Tucumán). The combination of both methodologies, the first from the Virtual Archaeology, and the second from the Archaeology of Architecture, can be fundamental to study and understand the constructive dynamics of the buildings that make up the site studied.

*Keywords: Inhabiting; Virtual Archaeology; Readings of Paraments of Historic Buildings; Industrial Archaeology; Site Ingenio Lastenia; Tucumán.*

<sup>1</sup> CONICET - Instituto Superior de Estudios Sociales (UNT-CONICET), San Lorenzo 429 (CP 4000), San Miguel de Tucumán - Instituto de Arqueología y Museo (IAM, UNT). Correo: fer\_villar15@hotmail.com

Recibido en el mes de septiembre de 2018 , aceptado en octubre de 2018.

Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC-BY-NC-SA)

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enmarca dentro del proyecto de tesis doctoral *Cotidianidad, producción y disciplinamiento social en un Ingenio Azucarero durante el siglo XIX. Una aproximación al sitio Ingenio Lastenia (Dpto. Cruz Alta, Tucumán) desde la Arqueología Industrial*. Uno de los ejes de este proyecto es indagar en las formas de producción y los cambios tecnológicos que tuvieron lugar dentro del sitio Ingenio Lastenia a lo largo de sus años de funcionamiento como unidad de producción de derivados de caña de azúcar.

Considerando que dentro de un ámbito fabril el estudio de las edificaciones arquitectónicas es clave para comprender modificaciones a nivel tecnológico –y por ende productivo– (Palmer y Neaverson 1998; Symonds 2005), definir las características, reformas, funcionalidades y cronologías a las que estuvieron sujetos los diferentes edificios que componen la planta se ha convertido en un aspecto fundamental para desarrollar nuestro trabajo, siendo esto uno de los objetivos generales del mencionado proyecto.

Para alcanzar dicho objetivo, se decidió realizar Lecturas de Paramentos en algunas de las edificaciones más significativas de la unidad de producción, cotejando la información obtenida con fuentes iconográficas (dibujos, grabados, planos y fotografías). En base a la comparación y agrupación –en tipos– de elementos constructivos, aparejos y demás técnicas constructivas registradas, y a la información procedente de las fuentes, se comenzó a confeccionar una serie tipológica de valor cronológico para el sitio. A partir de la misma se pretende lograr extrapolar las cronologías definidas para los edificios y eventos constructivos registrados al resto de la planta.

Dada la complejidad de la dinámica constructiva que evidenciamos durante los trabajos de campo y el estado de deterioro de las construcciones que componen al sitio, en más de una ocasión vimos complicado el desarrollo de la propuesta metodológica frente a diversas situaciones; por ejemplo, ante la necesidad de caracte-

rizar Unidades Estratigráficas de Muestreo (UEM) inaccesibles, o registrar de forma precisa las dimensiones de ventanales o materiales constructivos ubicados a más 7 m de altura. Como solución a las problemáticas de este tipo, consideramos que la utilización de herramientas procedentes de la Arqueología Virtual, como la Fotogrametría Digital, se nos presentan como una de las mejores alternativas para saltar dificultades y obtener información precisa y de gran calidad.

En consonancia con lo expuesto, el objetivo del presente trabajo no es caracterizar las etapas constructivas de los edificios que componen el sitio, ni obtener una secuencia estratigráfica de los mismos, actividad que está en pleno proceso de desarrollo y excede ampliamente los alcances de este artículo; sino evaluar y exponer el potencial de la Fotogrametría Digital como complemento para el análisis estratigráfico de los edificios que componen al sitio Ingenio Lastenia.

## CASO DE ESTUDIO

El sitio arqueológico Sitio Ingenio Lastenia (en adelante SIL) (65° 09' 08" longitud Oeste y 26° 51' 50" latitud Sur) está emplazado 8 km hacia el sudeste del casco histórico de la ciudad de San Miguel de Tucumán (Figura 1). Hoy forma parte de la localidad de La Banda del Río Salí, Departamento Cruz Alta, Provincia de Tucumán.

El Ingenio Lastenia fue uno de los primeros ingenios industrializados de la provincia de Tucumán. Fundado en la década de 1830 por Juan de Dios y Baltazar Aguirre, y cerrado el 22 de agosto del año 1966 por disposición del gobierno de facto encabezado por Juan Carlos Onganía (Villar 2016), hoy se presenta como un conjunto de más de 30 estructuras –la mayor parte de ellas en ruinas– edificadas en diferentes épocas del siglo XIX y XX (Figura 2).

Si bien la metodología evaluada en este artículo es aplicable a la totalidad de las edificaciones que componen al sitio, tomaremos como ejemplo un sector del SIL en particular: el interior del muro este del edificio 1 del sector SIL2 (E1-SIL2-MEI). El hecho de que éste sea solo

**FIGURA 1** - Referencia de la ubicación del SIL en relación al casco histórico de San Miguel de Tucumán. Elaboración propia sobre Imagen Satelital. Datos de la Imagen: © 2018 Google, Image © 2018 DigitalGlobe.



un sector perteneciente a un edificio de dimensiones considerables, que a su vez forma parte de un complejo industrial muy amplio, podría llevar a pensarlo como una muestra mínima dada la magnitud del SIL. Sin embargo, si tenemos en cuenta la cantidad de intervenciones que posee, su disposición en el sitio y la información procedente de fuentes de carácter histórico relativas al edificio, E1-SIL2-MEI se nos presenta como un sector adecuado para cumplir satisfactoriamente con el objetivo de considerar el potencial de las metodologías procedentes de la Arqueología Virtual, y saltar las dificultades inherentes a los análisis estratigráficos de edificios históricos en contextos como el aquí trabajado.

El E1-SIL2 funcionó hasta el momento de cierre de la planta en 1966 como salón de cocimiento, espacio en el cual se ubicaron los evaporadores de vacío y los tachos de cocción utilizados en el proceso de fabricación de azúcares y alcoholes. Dicha funcionalidad fue inferida a partir de la ubicación de espacios representados en fotografías históricas de la planta (Figura 3).

Con respecto al muro analizado, se trata de un muro de 52 m de extensión orientado en dirección norte-sur. La evidencia documental más antigua que poseemos del mismo es un grabado del año 1892. A partir de la comparación de dicha fuente iconográfica con imágenes posteriores correspondientes al mismo sector del sitio logramos inferir que el muro (y por ende el edificio) estuvo sujeto a una gran cantidad de intervenciones posteriores (Villar *et al.* 2017), las más notables de estas intervenciones son la construcción de un primer piso con anterioridad a 1908, y la modificación de accesos y ventanales (Figura 4).

A partir de la combinación de las propuestas metodológicas de la Arqueología de la Arquitectura (Lectura de Paramentos de Edificios Históricos) y de la Arqueología Virtual (Fotogrametría Digital), en trabajos futuros seremos capaces de caracterizar cada una de las intervenciones y definir las diferencias existentes en materiales constructivos y técnicas arquitectónicas utilizadas entre cada uno de los eventos que logremos definir. Además, con la ayuda de fuentes documentales, y considerando que "la comparación de características formales de elementos (singulares como ventanas, puertas; decorativos; aparejos; estructuras; edificios) y su agrupación en tipos permite formar series con valor

cronológico" (Caballero Zoreda 2010:114), podremos otorgar una cronología relativa a cada una de estas etapas, dando comienzo así a la confección de una tipología para las construcciones industriales de la provincia de Tucumán de fines del siglo XIX y principios del XX.

## FOTOGRAMETRÍA DIGITAL

La Fotogrametría Digital es una de las metodologías que más impulso ha tomado dentro de la arqueología en los últimos años (Sayre 2016; Moyano 2017), tanto en Estados Unidos como en Europa existen múltiples experiencias de su uso en diversos proyectos de investigación (De Reu *et al.* 2013; Aparicio Resco *et al.* 2014; Douglass 2015; Yamafune *et al.* 2017). Sin embargo, en nuestro país, si bien contamos con trabajos en los que se hace uso de la metodología para resolver problemáticas de tipo arqueológico (Moyano 2017; Greco *et al.* 2018), la misma aún no ha tenido una inserción muy destacada dentro de la disciplina (Moyano 2017).

La técnica fotogramétrica digital consiste en la confección de modelos tridimensionales a partir del procesamiento de fotografías digitales mediante el uso de un software especializado (Moyano 2017), en nuestro caso Agisoft PhotoScan. El método brinda la posibilidad de obtener información geométrica precisa (formas, dimensiones, posiciones, entre otras) de superficies del terreno, estructuras arquitectónicas o artefactos (Magallón *et al.* 2015; Greco *et al.* 2018). El procesamiento de las imágenes posibilita además la obtención de una serie de productos que representan aportes de gran relevancia para proyectos de investigación arqueológica, entre ellos se destacan los ya mencionados modelos tridimensionales, curvas de nivel, nubes de puntos, mosaicos de fotos, ortofotografías -imágenes del entorno cuyos errores de deformación producidos por la lente de la cámara fotográfica han sido rectificadas-, entre otros (Greco *et al.* 2018).

## FOTOGRAMETRÍA Y LECTURA DE PARAMENTOS

La metodología empleada para hacer un análisis estratigráfico del muro estudiado es la Lectura de Paramentos de Edificios Históricos -o Análisis Estratigráfico de Paramentos- (Caballero Zoreda 1995, 2010; Blanco Rotea 1998; Azcárate 2010). Este método adapta el es-

FIGURA 2 • Panorama general del SIL. Resaltado en amarillo el muro este de E1-SIL2. Datos de la Imagen: © 2018 Google, Image Landsat / Copernicus, Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO.



FIGURA 3 • Salón de Cocimientos del SIL en 1922 y en la actualidad. Fuente: Archivo ISES.



tudio estratigráfico arqueológico propuesto por Harris (1991) al plano de las edificaciones históricas y su ejecución consiste en desarrollar un análisis pormenorizado de sus elementos, actividades y procesos constructivos, lo que brinda la posibilidad de identificar, ordenar y datar las diferentes etapas constructivas del edificio y ordenarlas en una secuencia constructiva completa de la edificación (Blanco Rotea 2010).

Caballero Zoreda (2010) analiza 10 puntos fundamentales para desarrollar correctamente una estrategia estratigráfica capaz de diferenciar, ordenar, y datar las fases constructivas, destructivas y reconstructivas atravesadas por los edificios. Siguiendo la metodología del autor, a continuación se hará referencia a cuatro puntos de dicha propuesta que se ven claramente beneficiadas por los aportes de la Fotogrametría Digital.

1. Instrumentos: el autor hace referencia a los instrumentos necesarios para un buen registro estratigráfico, como la planimetría, las fichas analíticas, los diagramas y los listados. Para nuestro estudio, agregaremos el instrumental necesario para realizar satisfactoriamente modelos fotogramétricos digitales en 3D y subproductos como ortofotografías, es decir: cámara fotográfica digital de alta resolución, computadora con un rendimiento (microprocesador, memoria RAM, placa de video, etcétera) acorde a las especificaciones del software utilizado y a las tareas proyectadas.

2. Documentación gráfica: se refiere a una representación gráfica planimétrica del edificio a estudiar con la mayor calidad posible, utilizando croquis, dibujo o fotografía (Caballero Zoreda 1995, 2010; Blanco Rotea 1998; Azcárate 2010). La flexibilidad, el nivel de detalle y la posibilidad de obtener una imagen tridimensional de las edificaciones estudiadas hacen de la fotogrametría un aliado fundamental para las representaciones gráficas y la lectura estratigráfica de los edificios. Los modelos fotogramétricos otorgan la posibilidad de:

A - Tomando como base ortofotografías extraídas del modelo 3D y mediante la utilización de programas adecuados (*CorelDRAW*, *Inkscape*, *Autocad*, entre otros), realizar en el ordenador los dibujos bidimensionales propuestos por la metodología tradicional.

B - Realizar mediciones directamente sobre el modelo tridimensional y constatar, en el gabinete, el

trabajo de relevamiento realizado en el campo.

C - Acceder a mediciones que sería muy complejo realizar en el terreno, por ejemplo unidades estratigráficas ubicadas en alturas de difícil acceso.

D - Observar detalladamente las características físicas de unidades estratigráficas inaccesibles.

E - Procesar y extraer ortofotografías del edificio desde diversas perspectivas visuales.

3. Zonas, trabajo en equipo: en este punto se propone, para el relevamiento completo de edificios, la división en zonas de la edificación y el abordaje –en el campo– de cada una de estas por diferentes equipos. Para finalizar el registro, los equipos deben iniciar entre ellos una discusión acerca de las problemáticas y llegar a un consenso.

Aquí nuevamente cobra gran relevancia la Arqueología Virtual, puesto que nos permite realizar un modelo completo de las edificaciones a estudiar y de esta manera “disponer del edificio en la PC”. Si bien creemos que lo ideal es contar con un equipo de trabajo para desarrollar la metodología, en caso de que no se de esta situación, las tecnologías ofrecidas por la Arqueología Virtual hacen posible que el estudio completo de una edificación pueda ser llevado adelante por un número reducido de personas desde una PC sin perder precisión ni calidad en el trabajo.

4. Observar: en este punto se hace referencia a los criterios que se debe seguir para discriminar a las diferentes Unidades Estratigráficas de Muestreo (UEM) que componen al edificio. Las UEM son la menor unidad de registro en el análisis de paramentos y su registro estratigráfico representa la primera fase del estudio. Se postulan los siguientes criterios para su correcta observación: a) identificación de la situación y forma de cada elemento a fin de discriminar una UEM de otras; b) considerar la homogeneidad o heterogeneidad de los componentes de cada UEM; c) sincronía o diacronía de cada UEM con respecto a las que la rodean.

La calidad de la resolución y la posibilidad de realizar mediciones sobre los modelos 3D hacen de la Arqueología Virtual un buen complemento de las observaciones en el campo -que son fundamentales para desarrollar correctamente este punto-. Es importante destacar aquí algunas posibilidades que brinda la fotogrametría, por ejemplo la posibilidad de tomar mediciones de lugares inaccesibles en el campo, pudiendo así caracterizarse UEM de manera más precisa.

FIGURA 4 • Ortofotografía de E1-SIL2-MEI e intervenciones sobre el muro a lo largo del tiempo Fuentes: Archivo ISES

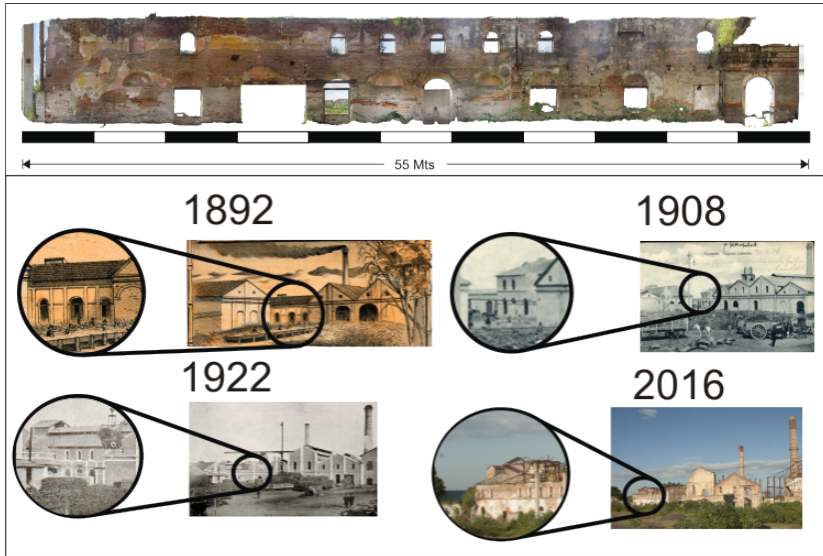
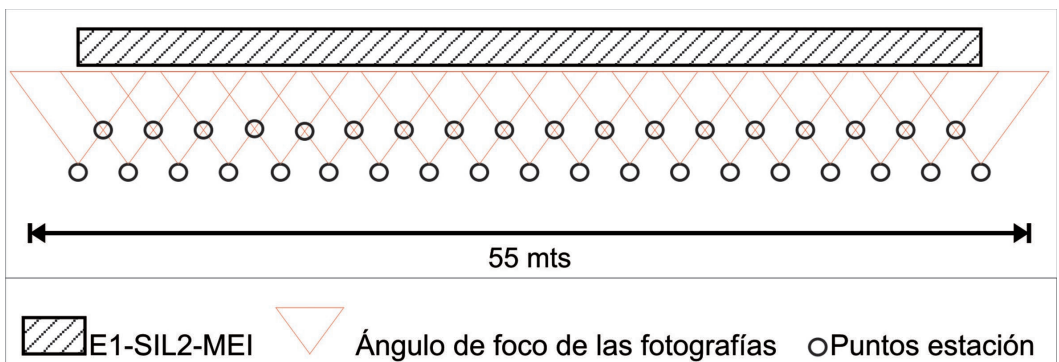


FIGURA 5 • Croquis del plan de trabajo en el campo para el relevamiento fotográfico de E1-SIL2-MEI



## FOTOGRAMETRÍA DE E1-SIL2-MEI

Esta etapa del trabajo está dividida en dos sub-etapas, la primera -etapa de campo- vinculada a la documentación fotográfica del objeto de estudio, en nuestro caso E1-SIL2-MEI; la segunda -etapa de gabinete- abocada al procesamiento en computadora de las imágenes obtenidas durante la etapa anterior, para lo cual se utilizaron software específicos a los cuales haremos referencia más adelante.

Para desarrollar el trabajo de campo, en primer lugar se tuvo en cuenta una serie de condiciones necesarias para que el trabajo pueda ser llevado a cabo satisfactoriamente; para ello se consideraron las condiciones ambientales y de iluminación. Se optó por realizar el trabajo durante un día nublado, puesto que la disposición vertical del muro en consonancia con la oblicuidad de la luz natural habría generado sombras y contrastes que habrían acentuado el volumen y la profundidad del muro y sus elementos (Aguilar *et al.* 2013), situación que habría afectado negativamente al registro. Es importante tener en cuenta que para saltar este tipo de inconvenientes también se puede optar por tomar las fotografías durante un horario en el cual la luz del día no afecte de manera directa el área a tratar.

Con respecto a la toma de las fotografías de registro, las mismas fueron efectuadas tras una planificación minuciosa de los puntos desde donde se las tomarían - puntos estación- (Figura 5), se relevó fotográficamente el muro de manera tal que quedase cubierta la totalidad de la superficie del mismo. Aquí es necesario mencionar que para que el programa utilizado -*Agisoft Photoscan*- reconozca las fotografías para efectuar un modelado tridimensional del muro, cada punto de este debe estar representado en al menos tres imágenes. De esta manera el resultado del relevamiento fue un total de 209 fotografías tomadas desde 37 puntos estación, con una cámara *Canon PowerShot SX30 IS*.

El trabajo de gabinete consistió en el procesamiento y manipulación de las fotografías digitales obtenidas durante la etapa de campo con el software *Agisoft Photoscan*, con la finalidad de realizar un modelado en 3D de E1-SIL2-MEI.

El programa mencionado procesa las imágenes obtenidas durante la etapa de campo, y mediante una combinación de técnicas fotogramétricas permite obte-

ner un modelo tridimensional del entorno fotografiado (Figura 6), así como también ortofotografías de la edificación. Estas últimas pueden ser tomadas directamente desde el modelo, con diferentes ángulos y distancias, lo cual otorga una gran flexibilidad para operar el mismo y obtener imágenes según los objetivos perseguidos por la investigación. Finalmente, debemos mencionar que el software posibilita la utilización de escalas y herramientas de medición.

Así, el modelo 3D obtenido brinda la posibilidad de tomar mediciones precisas de los elementos en la PC, obtener diversas perspectivas de la edificación y extraer ortofotografía para luego trabajarlas con otros programas de procesamiento de imágenes (*CorelDRAW*, *Adobe Photoshop*, *AutoCAD*, *Sketchup*, entre otros).

Una vez obtenido el modelo completo del área de estudio, la siguiente fase del trabajo consiste en utilizar los productos obtenidos (modelo y ortofotografías) para complementar los Análisis Estratigráficos de Paramentos que se están realizando.

Como resultado de la combinación de las metodologías mencionadas, evidenciamos que la utilización de la Fotogrametría Digital mejoró de manera significativa los trabajos de Lectura de Paramentos de Edificios Históricos en el SIL.

En primer lugar, tras una observación detallada a partir de ortofotografías se logró mejorar la calidad en el detalle de los dibujos planimétricos. Para realizar la Lectura de Paramentos se realizaron dibujos planimétricos del muro en cuestión; inicialmente, durante el año 2016, los mismos fueron confeccionados sobre hoja milimetrada, a mano alzada en el campo y tratando de alcanzar la mayor precisión posible. Luego de haber adquirido herramientas de la Arqueología Virtual, se realizó el mismo trabajo pero sobre calcos de ortofotografías extraídas del modelo 3D realizado con el software de restitución fotogramétrica. Los resultados obtenidos son expuestos a continuación (Figura 7).

La comparación presentada en la Figura 6 demuestra claramente que los calcos sobre ortofotografías poseen menor nivel de errores que los realizados a mano, una apreciación que ya ha sido expuesta en diversos trabajos (Vela Cossío 2010; Aguilar *et al.* 2013; De Reu *et al.* 2013; Chaquero Ballester 2016).

Con respecto a las mediciones en gabinete y ca-



FIGURA 6 · Tres etapas del modelado tridimensional de un sector de E1-SIL2-MEI.

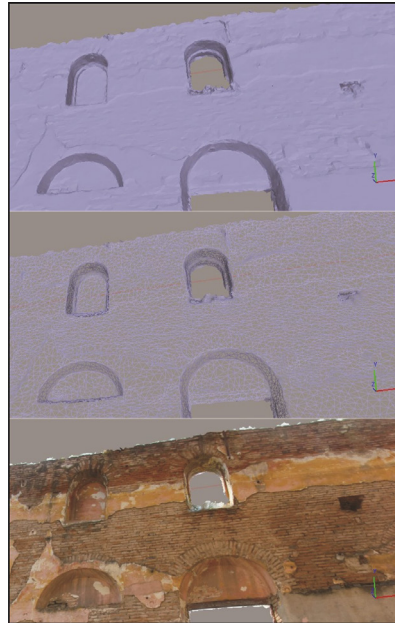


FIGURA 7 · Comparación entre calcos sobre ortofotografía y dibujo a mano.

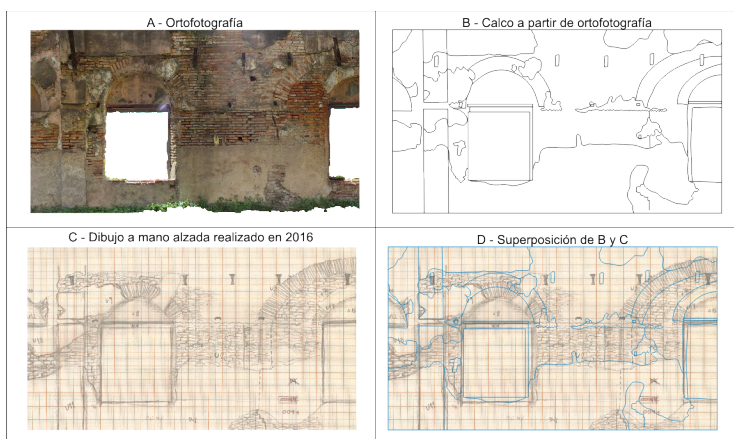


FIGURA 8 - Área de muestra de sectores del muro y UEM inaccesibles en el campo.



TABLA 1 - Inferencias realizadas a partir de la utilización de *Agisoft Photoscan* para estudiar el área de muestra representada (Figura 8).

UEM	TIPO LADRILLO UTILIZADO	COLOR DE LOS LADRILLOS	APAREJO UTILIZADO	MORTERO UTILIZADO
1001	Media Vara (Soga 0.40 - 0.42 m; Tizón 0.20 m)	Naranja muy claro	Inglés: formado por hiladas alternativas de sogas y tizones (Dies Cusi 2003)	Barro (Observación realizada en campo)
1063	Media Vara	Naranja Rojizo	Inglés	Indeterminado (imposibilidad de acceder)
1065	Media Vara	Naranja Rojizo	Inglés	Indeterminado
1066	Media Vara	Naranja Rojizo	Inglés	Indeterminado
1158	Revoque pintado. Presenta múltiples capas de pintura.			
Otros datos	Altura de E1-SIL2-MEI: 8,5 m Altura de los arcos desde el piso: 7,17 m Altura del ventanal en relación al piso: 5,70 m Apertura del arco: 1,20 m Altura desde el antepecho de la venta hasta la clave del arco: 2,10 m Distancia entre arcos: 1,45 m Distancia entre ventanales: 2,25 m			

racterización de Unidades Estratigráficas Murarias (UEM), la posibilidad de tener (desde el ordenador) un acceso constante al edificio nos permitió realizar una gran cantidad de observaciones (tamaños exactos de las UEM, color, cortes y continuidades, entre otros) sobre los materiales de construcción y las UEM; propiedades que facilitaron la diferenciación, delimitación y caracterización de las UEM. Tal como presentamos a continuación (Figura 8, Tabla 1), el método fotogramétrico digital posibilitó la identificación y caracterización de materiales constructivos y UEM inaccesibles en el campo.

La Figura 8 y la información presente en la Tabla 1 son un claro ejemplo de la calidad y la cantidad de información que podemos obtener mediante la utilización de la fotogrametría en los estudios estratigráficos del edificio. Sin embargo, el potencial de esta herramienta no se acaba en la información que presentamos en el cuadro, pues las imágenes también aportan información en lo referente a las relaciones estratigráficas entre las diferentes UEM. Por ejemplo, en base a las observaciones realizadas pudimos averiguar que 1001 corresponde a una primera construcción evidenciada en las imágenes de 1892, momento en el cual aún no existía la primera planta con ventanales evidente en 1908 (Figura 4). Si tomamos en cuenta que para la construcción de este primer piso, correspondiente a las UEM 1063, 1065 y 1066, se utilizó ladrillo de media vara podemos inferir que el mismo probablemente fue construido con anterioridad a 1900 puesto que –a partir de trabajos anteriores (Villar *et al.* 2014; Villar 2016)– sabemos que en los edificios del ingenio construidos por esta fecha ya se utilizaban ladrillos de 0,30 m (soga) x 0,15 m (tizón).

Por último, poseer un modelo virtual en alta resolución del edificio a investigar representa otra gran ventaja puesto que contamos con la posibilidad de realizar una observación detallada del edificio sin necesidad de viajar al campo. Esto permite realizar una división de zonas de trabajo directamente en el ordenador para luego efectuar observaciones de las mismas en gabinete. Sin embargo, aquí debemos considerar la posibilidad de retornar al campo las veces que sea necesario si es que surgen dudas durante el proceso de Lectura de Paramentos en el ordenador.

Por otra parte, y como ya mencionamos anteriormente, si bien el trabajo en equipo es la condición ideal para este tipo de estudios, gracias a los aportes de la Arqueología Virtual el trabajo puede ser realizado por un número reducido de personas.

## CONCLUSIÓN

A lo largo de estas páginas y a partir del ejemplo expuesto pudimos evidenciar que la Fotogrametría Digital aplicada al estudio de edificaciones representa un aporte sustancial para saltar dificultades y desarrollar satisfactoriamente Lecturas de Paramentos de Construcciones Históricas en el sitio abordado.

En cuanto a las mejoras que representa la Fotogrametría Digital para el estudio estratigráfico de estructuras arquitectónicas, Chaquero Ballester (2016) propuso que la metodología representa grandes ventajas en tres sentidos, lo cual hemos confirmado a partir de nuestra propia experiencia expuesta a lo largo de este trabajo.

La primera de estas ventajas se da en lo referente al contenido informativo, puesto que a partir de la metodología propuesta se obtiene información objetiva de gran precisión y calidad, que además presenta la posibilidad de ser reelaborada posteriormente.

El segundo beneficio es notable a la hora de documentar superficies, un aspecto para el que la Arqueología Virtual ofrece numerosas herramientas de gran calidad, ágiles, versátiles y complementarias entre sí, por ejemplo nos brinda la posibilidad de registrar las superficies en el campo con una cámara fotográfica digital, procesar las fotografías con *Agisoft Photoscan*, y luego trabajar con *CorelDRAW* sobre los resultados obtenidos con el software antes mencionado. Por otro lado estas herramientas se adaptan perfectamente al método desarrollado por Harris (Chaquero Ballester 2016), base del “Análisis estratigráfico de paramentos”.

La tercera de las ventajas se refiere a que la documentación fotogramétrica tridimensional permite un análisis estratigráfico muy sofisticado, en ocasiones muy difícil de alcanzar a partir de las metodologías de registro tradicionales, y capaz de aportar al mismo tiempo la posibilidad de realizar representaciones visuales que hagan comprensible dicho análisis.

Para finalizar, queremos agregar a lo mencionado que el método fotogramétrico brinda la posibilidad de realizar grandes relevamientos con un alto nivel de precisión y una inversión relativamente baja en equipamiento. Representa un ahorro muy significativo en tiempo de trabajo de campo y es posible de llevar adelante con pocas personas. Esto hace de la Fotogrametría Digital una metodología que además de mejorar la calidad de los trabajos se presenta como una herramienta económica.

## AGRADECIMIENTOS

---

A Florencia Finetti, Javier Díaz, Julieta Rodríguez, Candela Basso, Santiago Llorenz, Ariel Escobedo, Soledad Candelario y Constanza Cattaneo por su ayuda y aportes indispensables durante los trabajos de campo.

## BIBLIOGRAFÍA

---

**Aguilar Camacho, J., G. Granado Castro y J. Barrera Vera.**

2013. Aplicación de técnicas avanzadas para el registro y la documentación estratigráfica en arqueología. *Virtual Archaeology Review* 4 (8): 130-134.

**Aparicio Resco, P., J. Carmona Barrero, M. Fernández Díaz y P. Martín Serrano**

2014. "Fotogrametría Involuntaria": rescatando información geométrica en 3D de fotografías de archivo. *Virtual Archaeology Review* 5 (10): 11-20.

**Arcusa Magallón, H., M. Rojo Guerra, J. I. Royo Guillén, C. Tejedor Rodríguez, I. García Martínez De Lagran y R. Garrido Pena**

2016. La Fotogrametría como alternativa al registro de materiales arqueológicos: su aplicación en la Cueva de Els Trocs y Valmayor XI. *Actas del I Congreso de Arqueología y Patrimonio Aragonés (CAPA)*, pp. 533-539, Zaragoza.

**Azcárate, A.**

2010. El análisis estratigráfico en la restauración del patrimonio construido. Consideraciones conceptuales

e instrumentales En *Arqueología aplicada al estudio e interpretación de edificios históricos. Últimas tendencias metodológicas*, pp. 51-63. Ministerio de Cultura de España, Subdirección General de Publicaciones, Información y Documentación, Madrid.

**Blanco Rotea, R.**

1998. La arqueología en el muro: lectura estratigráfica de paramentos en San Fiz de Solovio. *Gallaecia* 17: 481-500.

2010. Herramientas metodológicas aplicadas al estudio de un paisaje urbano fortificado: el caso de la villa de Verín (Monterrei, Ourense). En *Arqueología aplicada al estudio e interpretación de edificios históricos. Últimas tendencias metodológicas*, pp. 179-197. Ministerio de Cultura de España, Subdirección General de Publicaciones, Información y Documentación, Madrid.

**Caballero Zoreda, L.**

1995. Método para el análisis estratigráfico de construcciones históricas o Lectura de paramentos. *Informes de la construcción* 46 (435): 37-45.

2010. Experiencia metodológica en Arqueología de la Arquitectura de un grupo de investigación. En *Arqueología aplicada al estudio e interpretación de edificios históricos. Últimas tendencias metodológicas*, pp. 103-119. Ministerio de Cultura de España, Subdirección General de Publicaciones, Información y Documentación, Madrid.

**Chaquero Ballester, A.**

2016. Práctica y usos de la Fotogrametría Digital en arqueología. *DAMA: Documentos de Arqueología y Patrimonio Histórico* 1: 139-157.

**De Reu, J., G. Plets, G. Verhoeven, P. De Smedt, M. Bats, B. Cherretté, W. De Maeyer, J. Deconynck, D. Herremans, P. Laloo, M. Van Meirvenne y W. De Clercq**

2013. Towards a three-dimensional cost-effective registration of the archaeological heritage. *Journal of Archaeological Science* 40: 1108-1121.

**Dies Cusi, E.**

2003. *Estudio Arqueológico de estructuras: Léxico y*

metodología. Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de Valencia, Valencia.

**Douglass, M., S. Lin y M. Chodoronek**

2015. The Application of 3D Photogrammetry for In-Field Documentation of Archaeological Features. *Advances in Archaeological Practice* 3 (2): 136-152.

**Greco, C., L. Raffaele y A. Álvarez Larrain**

2018. Fotogrametría aplicada al estudio de Sitios Arqueológicos de Yocavil, Catamarca. Libro de resúmenes extendidos del VII Congreso Nacional de Arqueometría, Materialidad, Arqueología y Patrimonio, pp 314-316, San Miguel de Tucumán.

**Harris, E.**

1991. *Principios de estratigrafía arqueológica*. Crítica, Barcelona.

**Moyano, G.**

2017. El uso de Fotogrametría Digital como registro complementario en arqueología. Alcances de la técnica y casos de aplicación. *Comechingonia, Revista de Arqueología* 21 (2): 333-350.

**Palmer, M. y P. Neaverson**

1998. *Industrial Archaeology. Principles and Practice*. Routledge, Londres.

**Sayre, M.**

2016. Digital Archaeology in the Rural Andes: Problems and Prospects. En *Mobilizing the past for a digital future: The Potential of Digital Archaeology*, editado por E. W. Averett, J. M. Gordon, D. B. Counts, pp. 183-199. The Digital Press at the University of North Dakota, Grand Forks.

**Symonds, J.**

2005. Experiencing Industry: Beyond Machines and The History of Technology. En *Industrial Archaeology: Future Directions*, editado por E. Colin Casella y J. Symonds, pp. 33-57. Springer, Nueva York.

**Vela Cossío, F.**

2010. La Arqueología de la Arquitectura en la Escuela

Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid. En *Arqueología aplicada al estudio e interpretación de edificios históricos. Últimas tendencias metodológicas*, pp. 253-267. Ministerio de Cultura de España, Subdirección General de Publicaciones, Información y Documentación, Madrid.

**Villar, F., M. Galián y S. Hocsman**

2014. Apreciaciones arqueológicas de un ingenio azucarero del siglo XIX. Actas del IV Simposio Internacional de Patrimonio Agroindustrial. Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán.

**Villar, F.**

2016. *Procesos de producción de derivados de la caña de azúcar en el Sitio Ingenio Lastenia (Dpto. Cruz Alta, Tucumán) entre 1835 y 1876. Una aproximación desde la Arqueología Industrial*. Tesina de grado de la Carrera de Arqueología, Inédito. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán.

**Villar, F., C. Basso, J. Díaz, F. E. Finetti, S. Llorens y J. A. Rodríguez**

2017. Muros que hablan: Hacia una interpretación arqueológica de las construcciones de un contexto fabril. Sitio Ingenio Lastenia (Dpto. Cruz Alta, Tucumán). *XIII Jornadas de Comunicaciones, Facultad de Ciencias Naturales e I.M.L., U.N.T. V Interinstitucionales. Facultad de Ciencias Naturales e I.M.L., U.N.T. - Fundación Miguel Lillo*. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán.

**Yamafune, K., R. Torres y F. Castro**

2017. Multi-Image Photogrammetry to Record and Reconstruct Underwater Shipwreck Sites. *Journal of Archaeological Method and Theory* (24):703–725.