



Aplicación de la Fotogrametría Arquitectural Digital en la conservación de inmuebles con valores patrimoniales en el casco histórico de la ciudad de Holguín*

Fátima Martínez Hernández

María Bárbara Doimeadios Hernández

Alexander Justel Betancourt

Angélica María Rodríguez Concepción

Violeta Salgado Fernández

Carrera: Ingeniería Civil.

Universidad de Holguín (Cuba).

Resumen: El presente trabajo describe las tareas desarrolladas a partir de técnicas de fotogrametría, en combinación con sistemas de información geográfica, para realizar acciones de conservación del patrimonio edificado del casco histórico de la ciudad de Holguín. De esta manera se posibilita la confrontación de proyectos originales recuperados con la ubicación actual, analizados a través de la fotogrametría arquitectural digital, con calidad geométrica tridimensional y el almacenamiento de la información en SIG para consultas de la sociedad a la hora de mantener/recuperar los valores del patrimonio histórico de una nación. Así se estimula la conciencia de realizar

remodelaciones en las obras arquitectónicas para su conservación, previendo catalogar cada época, para conformar un registro fotográfico que permita con posterioridad realizar tratamientos de restauración o reconstrucción de inmuebles, siguiendo los lineamientos de rigurosidad propuestos por los principales organismos nacionales e internacionales. En el trabajo se propone la cámara digital como herramienta para este tipo de levantamientos, exponiendo sus características más importantes para tal fin.

Palabras clave: Holguín; patrimonio arquitectónico; Fotogrametría Arquitectural Digital; conservación de inmuebles.

Implementation of Digital Architectural Photogrammetry in the preservation of real state bearing heritage value in the historic city center of Holguín

Abstract: This investigation presents the activities carried out from implementing photogrammetric techniques combined with geographic data systems to take actions aimed at preserving existing real estate heritage in the historical city center of Holguin. It allows comparing the original projects that have been recovered with the current location; which are analyzed by using digital architectural photometry with three dimensional quality geometry and data storage in SIG for consultation by people at the time of maintaining and restoring the nation's historic heritage, enhancing awareness for remodeling of architectonic constructions for their preservation, categorizing each epoch in anticipation to create a photographic file allowing the restoration and overhaul of buildings in the future in strict compliance with the guidelines proposed by national and international leading organizations. In this investigation it is proposed to use a digital camera as a tool for data collection, indicating their most important features for this purpose.

Key words: Holguín; architectonic heritage; digital architectural photometry; real estate preservation.

Introducción

La ciudad de Holguín cuenta con un gran número de construcciones y monumentos declarados como patrimonio histórico, registrados en el municipio en un sistema de inventario convencional (registro gráfico, sin soporte digital) por este motivo, su grado de actualización data de años anteriores. En este trabajo el principal enfoque está en la fusión entre la historia del arte y la tecnología, para posibilitar un mayor respaldo a lo que se considera imprescindible para la historia de una nación, o sea, la preservación de su patrimonio histórico.

En los países de América Latina y el Caribe, los niveles de desarrollo de la conservación de monumentos, aplicando tecnologías de punta, son dispares y atraviesan, en la mayoría de los casos, una etapa inicial de organización de la información y fortalecimiento institucional.

El Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS) recomienda que cada país constituya un archivo fotogramétrico de sus monumentos históricos (Cheli, 1996). La utilización de la fotogrametría arquitectural digital (FAD) aliada a bancos de datos que contengan informaciones sobre los monumentos es, sin duda, uno de los más importantes instrumentos tecnológicos disponibles para el registro, de suma importancia para la preservación de nuestros monumentos históricos, los cuales son la historia viva de la nación.

En la actualidad, la fotogrametría es poco usada en América Latina para la preservación del patrimonio histórico nacional, entre otras razones por el alto costo de los equipos que requiere y por el poco conocimiento por los especialistas de la conservación. A pesar de que los países que forman este continente tienen una gran riqueza patrimonial, que incentiva el turismo cultural, lo que refuerza la necesidad de introducir los avances de la ciencia y la tecnología en aras de conservar para las generaciones futuras el patrimonio histórico de estas naciones. Esta tecnología empieza a aplicarse en el mundo a mediados de la década de los 90, movimiento liderado por países desarrollados (EUA, Alemania, Reino Unido, entre otros).

Arribando al 2000, los países de la región de América Latina y el Caribe comienzan a insertarse en estas iniciativas, generalmente orientadas a su introducción desde el punto de vista teórico. Este trabajo se propone partir de la formalización y modelación

de los escenarios de utilización (desarrollo sostenible) para derivar en la aplicación de los avances internacionales en función de responder a las realidades de nuestro país y en específico del municipio de Holguín como ciudad de referencia para su generalización a nivel nacional. El principal aporte se basa en la integración de las experiencias de varios países de la región en torno a la FAD y el desarrollo de modelos prácticos de bajo costo para su aplicación, aprovechando las fortalezas complementarias (de la nación y el municipio en la difusión de modelos conceptuales, metodologías y planes de implementación útiles para todos, en particular para enfrentar, de manera más efectiva, la aplicación a escala de ciudad de los retos que impone el desarrollo de las acciones de conservación.

Estructura de la investigación

Problema: Deficiencias en la conservación de los bienes inmuebles en el casco histórico de la ciudad de Holguín, que dificulta la ejecución eficaz de acciones para el restablecimiento de las características iniciales de las edificaciones con valores arquitectónicos reconocidos.

Objetivo general: Definir un procedimiento para conservar las construcciones con valores patrimoniales del centro histórico de la ciudad de Holguín, a partir de la introducción de la aplicación de la fotogrametría arquitectural digital, y al valorar su sostenibilidad para favorecer la toma de conciencia de uso racional de recursos con una tecnología apropiada al desarrollo local.

Objetivos específicos:

1. Introducir la FAD, como herramienta de última generación, para el tratamiento de imágenes y su aplicación en la conservación de bienes inmuebles.
2. Elaborar un modelo para la calibración por líneas de la cámara digital no profesional para la toma de fotos por la FAD, así como un procedimiento para el procesamiento digital de imágenes de bienes inmuebles con valores reconocidos del casco histórico de la ciudad de Holguín.

Descripción de la metodología de trabajo

1. Estudio del estado del arte

2. Estudio de las características arquitectónicas y constructivas en distintas partes del país
3. Selección de las obras y planificación del levantamiento
4. Aplicación de la Fotogrametría Arquitectural Digital
 - Trabajo de campo y orientación
 - Restitución
 - Tratamiento digital de las imágenes para la caracterización y control de datos
5. Propuesta de conservación

En esta investigación multidisciplinar destinada a la confección de la documentación monumental de la ciudad de Holguín se integraron diferentes profesionales con los objetivos de obtener una visión más amplia de su patrimonio. Esta cooperación entre diferentes especialidades también ha redundado en una mejora de la formación de los profesionales y estudiantes involucrados en la investigación, ya que estos temas no están incluidos en el plan de estudio vigente para nuestra carrera. Por su importancia se trabaja en la propuesta de diseño de una asignatura optativa sobre esta cuestión.

En este trabajo se describen las acciones realizadas para introducir la FAD de objeto cercano como herramienta para obtener una documentación del patrimonio histórico (como ejemplo La Notaria internacional de Holguín). La Universidad de Holguín (Dpto. de Ingeniería Civil) coordina un proyecto internacional financiado por CYTED (Red Iberoamericana dedicada a la difusión de la fotogrametría como herramienta para la conservación del patrimonio) la cual trabaja fundamentalmente en la gestión, obtención y difusión de la información científica de avanzada que pueda ser utilizada por los investigadores, empresarios y tomadores de decisión en el estudio y preservación del patrimonio histórico, artístico y arqueológico tangible.

Técnicas fotogramétricas

La Carta de Venecia define la autenticidad histórica como un valor fundamental para garantizar la objetividad de los trabajos de restauración y alienta la importancia de los levantamientos exactos y precisos de los monumentos en determinada época, para preservar los detalles estéticos, técnicos o históricos (Cheli, 1996). De ahí la importancia de la fotogrametría digital, la cual genera resultados más rápidos y

precisos, tornándose posible obtener precisiones milimétricas en las medidas siendo de gran importancia para guardar documentación científica de bienes culturales, así como para el análisis y control de deformaciones en edificaciones.

A partir de 1950 se inicia un paso de avance en la aplicación de la fotogrametría con el desarrollo de los ordenadores electrónicos, que no pasó inadvertido para encargados de la protección del patrimonio, que habían evolucionado a su vez hacia métodos de mayor rigor para sustentar los principios de la conservación. Es así como en 1968, tres años después de su constitución, el Consejo Internacional de los Monumentos y los Sitios (ICOMOS) organizó en París el Primer Simposio Internacional dedicado a la fotogrametría arquitectónica. Como resultado de las resoluciones aprobadas fue creado en 1970 el Comité Internacional para la fotogrametría arquitectónica (CIPA) que en la actualidad constituye un grupo permanente de trabajo en la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Teledetección (ISPRS).

En Cuba, el empleo de la fotografía para el estudio de las construcciones arquitectónicas se inicia a finales de la década del 70 por el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (ICGC), dirigidos fundamentalmente a la conservación y restauración de monumentos en La Habana Vieja y en las ciudades de Trinidad y Santiago de Cuba.

La tarea fundamental de la fotogrametría es establecer una relación geométrica entre la imagen y el objeto como este existía en el momento de la toma fotográfica. Una vez establecida correctamente esta relación es posible realizar una restitución fotogramétrica, o sea, obtener una representación gráfica o numérica de un objeto fotografiado. Esta relación puede ser clasificada en tres categorías:

1. Gráfica: usando las relaciones geométricas
2. Analógica: usando componentes óptico-mecánicos
3. Analítico/digital: usando modelo matemático y procesamiento digital.

La fotogrametría digital tornó la restitución fotogramétrica más simple, flexible y accesible, permitiendo una variedad de aplicaciones, una vez que el procesamiento es realizado por microcomputadores a través de programas específicos de fotogrametría, asociados a otros equipamientos de uso general, como scanner, y diversos tipos de cámaras. En este trabajo se describen también los procedimientos adoptados y los

resultados obtenidos en el registro de edificaciones arquitectónicas, a partir de la utilización del software fotogramétrico digital PhotoModeler que emplea las técnicas de monorestitución y la restitución a partir de varias fotografías. Este programa permite obtener varios productos a partir de imágenes digitales: coordenadas de puntos, distancias, modelos en 3D, modelos tridimensionales con la textura original del objeto, ortofotos, además de que posibilita la exportación de los resultados en diversos formatos.

Monorestitución

La monorestitución presupone la solución del problema a través de una única fotografía, siendo necesarias las informaciones sobre aspectos geométricos del objeto, ya que en una fotografía, las coordenadas de un punto pueden corresponder a infinidad de ellas en el espacio del objeto (Leão de Amorim, 2008). Para resolver el problema fue necesario otras informaciones como paralelismo, perpendicularidad de sus aristas e identificación de sus ejes X, Y, Z con la posición de la cámara en el momento de ser tomada la fotografía. Para la determinación de la escala fue necesario, por lo menos, conocer una dimensión del objeto, así pudieron clasificarse en tres tipos los objetos que pueden ser restituidos a partir de cada fotografía: objetos planos, objetos planos irregulares y objetos donde es posible la identificación de sus tres ejes.

La monorestitución también permitió obtener las dimensiones del objeto a partir de otros programas menos complejos como DigiCAD 3D y RolleiMetric, que realizan la rectificación de la fotografía cuando son conocidas las coordenadas de dos vértices de la superficie. Luego de rectificar las fotos estas fueron exportadas a un editor de diseño para el trazado de sus características geométricas. Este proceso posee limitaciones prácticas pues solo pueden ser restituidas las partes visibles en la fotografía, no obstante es una técnica de bajo costo, de fácil utilización y rapidez. Se recomienda su aplicación en la restitución de monumentos que no existen y que solo se conserva una fotografía.

Restitución a partir de varias fotografías

Con esta técnica los objetos fueron fotografiados en diversas posiciones, donde cada parte del objeto pudo ser fotografiado más de una vez y con puntos superpuestos. A partir de la identificación de los puntos homólogos o comunes entre varias fotografías

es posible realizar las intersecciones para la restitución del objeto. Este fue el primer tipo de restitución usado desde los inicios de la aplicación de la fotogrametría, antecede a los métodos citados anteriormente. Fue utilizado en su forma inicial, a través de procesos gráficos de medición y representación "punto por punto". Este método presentaba limitaciones en cuanto a rapidez y precisión. Con los avances tecnológicos y el aumento de la capacidad computacional fue posible utilizar los principios y fundamentos de esta técnica (método gráfico) para la creación de programas capaces de solucionar los problemas analíticamente, a través de ecuaciones matemáticas. La utilización de esta técnica crece cada día, principalmente cuando se trata de levantamientos arquitectónicos (Leão de Amorim, 2008) debido principalmente a los siguientes factores:

- Utilización de equipamiento de uso general, como scanner, cámaras fotográficas, comunes o digitales, y microcomputadores asociados a programas específicos.
- Diferentes distancias focales y diversos ángulos, permitiendo el levantamiento fotográfico de forma que abarque toda la edificación.
- Reducción del número de puntos de control.
- Variedad de productos a obtener: modelos fotorealísticos, ortofotos, diseños en ambiente computacional, posibilitando la integración de los archivos en diversos programas.
- Mediciones y parámetros desconocidos son calculados analíticamente, o sea, no es necesario conocer los parámetros de la cámara, ni su posición u orientación en el momento de la toma de la fotografía.
- Posibilidad de detección de errores.

A pesar de todas las ventajas de este método, ocurre que debido a la ausencia de visión estereoscópica la restitución a partir de varias fotografías está limitada a la determinación de puntos discretos que son fácilmente identificables en diversas imágenes, no siendo suficiente en algunos casos, especialmente si el objeto presenta formas geométricas que pueden ser bien definidas a través de puntos y líneas, formas irregulares o curvas, como esculturas y detalles arquitectónicos.

Caso de estudio: registro de una edificación en el centro histórico de la ciudad de Holguín.

Metodología aplicada

La investigación emprendida buscó información sobre una serie de aspectos básicos, destacándose entre ellos:

- Tipos de daños en los objetos estudiados
- Magnitud, distribución y forma de presentación de los daños
- Factores causantes de los daños
- Características óptimas de las imágenes para el registro de cada tipo de desperfecto.

Para ello se siguió el siguiente método de trabajo (Figura 3):

Equipamiento y metodología

Desarrollamos aquí dos líneas distintas de trabajo que se implementaron paralelamente: la primera de ellas trata la recopilación de la información existente de tipo documental y el levantamiento físico con cámaras no métricas y técnicas alternativas de fotogrametría (condición ésta previamente impuesta por el costo del equipamiento y la decisión de emplear técnicas de uso simple que permitan que personal con cierto grado de capacitación realice el levantamiento).

Para ello se tuvo en cuenta la información catastral del municipio de Holguín, consistente en datos de ubicación, propietario, año de construcción, uso, constructor; grado de interés histórico, paisajístico y arquitectónico, además de sus datos de identificación catastral (partida, circunscripción, sección, manzana, parcela, etc.). Para el levantamiento fotográfico, se empleó una cámara digital de alta resolución (10 Mpixels) y con gran capacidad de almacenamiento mediante plaquetas de 1 Gb.

Se determinó por métodos topográficos convencionales la línea de frente de la edificación tomada como ejemplo: El edificio de la Notaría Internacional, así como la posición de señales de control fijas en la edificación con cintas de papel, para evitar el deterioro de la pintura.

También se efectuó el replanteo y medición de la línea de toma. Con el objeto de estabilizar la toma fotográfica, se empleó un trípode provisto de nivel esférico y se procedió a perpendicularizar el eje de toma y determinar su altura. La cámara digital resultó de gran utilidad a la hora de fotografiar detalles constructivos, pues se pudo amplificar mediante zoom digital (5x) y recortar instantáneamente los sectores de interés (detalles arquitectónicos).

Un elemento de suma utilidad que aporta esta cámara es la posibilidad de efectuar una reproducción instantánea de la toma, que elimina la incertidumbre de las cámaras convencionales (debido a iluminación, sombras o incluso a la interposición de vehículos o personas en la línea de toma). También permite, por el mismo motivo, eliminar instantáneamente y sin gasto de tiempo y dinero aquellas fotografías de mala calidad y ejecutar las correcciones necesarias. Otra característica importante constituye su capacidad para grabar y reproducir registros sonoros (formato MPEG), con lo cual se pueden identificar objetos o detalles de importancia. A la hora de generar una ortofoto digital el uso de esta cámara elimina errores de transferencia de la información, a la vez que facilita su almacenamiento en forma compacta.

Las ventajas del procesamiento digital de fotografía arquitectónica ya fueron descritas por diversos autores, ya sea en su tratamiento de realce de bordes, compensación de contrastes, o en la generación de fotogramas estereoscópicos para generar modelos digitales de los objetos en forma puramente matemática (sin utilización de equipamiento fotogramétrico convencional de gran costo y no disponible para cualquier usuario). Esta tecnología, por otra parte, acorta sensiblemente el tiempo de procesamiento (y con ello merma considerablemente su costo) entre la toma y la presentación del resultado.

Con los datos así generados fue posible la reconstrucción del plano de fachada por métodos CAD (generado a partir de la extracción de bordes de la imagen original y corregida geométricamente), que en esta construcción existía pero se hallaba desactualizado por las sucesivas transformaciones que tuvo el edificio a lo largo del tiempo.

La segunda línea de trabajo se dedicó a la carga de la información en un SIG, que nos permitió el análisis de la información almacenada y la elaboración de cartografía afín. Los planos utilizan como cartografía de base la generada por el Departamento de

Catastro de la ciudad, que permitirá actualizarla a medida que sufra modificaciones. A los fines de la preservación del citado monumento, se previó la carga de la información de datos tales como ubicación de redes eléctricas, alcantarillado, agua y la georeferenciación de los hidrantes contra incendios de la ciudad. Esta última información fue provista por el cuerpo de bomberos de la ciudad de Holguín. Los planos así generados permitirán a esta entidad contar con una herramienta de suma utilidad a la hora de evitar accidentes o prevenir incendios (en la actualidad no cuentan con planos con estas características).

Enfoque de sostenibilidad de la investigación

En esta investigación se considera que los estudiantes de ingeniería civil deben ser usuarios de la fotogrametría con un enfoque de sostenibilidad. Se define la valoración de sostenibilidad de la Fotogrametría Arquitectural Digital, como el proceso de evaluación preventiva de impactos ambientales, socio-humanistas, económicos y tecnológicos del procesamiento digital de imágenes, previsible desde el diseño del proyecto, que favorece su autorregulación, para la satisfacción de la necesidad que resuelve, con un uso racional de recursos y la toma de decisiones apropiadas a las condiciones del contexto. Este enfoque fue aplicado por los estudiantes en la FAD en la conservación de bienes inmuebles con valores patrimoniales en el casco histórico de la ciudad de Holguín, lo cual ha favorecido la toma de conciencia de ahorro y uso de recursos con una tecnología adecuada al desarrollo local.

Conclusiones

La combinación de estas bases de datos alfanuméricos con imágenes (mosaicos fotográficos de fachadas) o archivos CAD generan herramientas de trabajo sumamente útiles para la preservación del patrimonio, ya que también permiten evaluar factores de riesgo contra incendios, distancias mínimas de recorrido de bomberos, etc. La principal importancia de este trabajo radica en:

1. La introducción de una herramienta valiosa para motivar a organismos gubernamentales, gestores, población en general, a la hora de realizar acciones de conservación del patrimonio ya que facilita un censo o catálogo métrico del patrimonio para legar a las futuras generaciones y, además, nos proporciona la información necesaria para una perfecta restauración y reproducción del objeto, en caso de un

deterioro por el paso del tiempo o una destrucción accidental. Las fotografías obtenidas las podemos archivar y obtener de ellas todos los datos necesarios del monumento, pudiéndolas explotar en cualquier momento o época y de múltiples formas, como en la obtención gráfica de alzados, perfiles de deformación, estudios de humedades, etc., e incluso, poder obtener planos a distintas escalas.

2. La utilización de equipos de fotografía digital de bajo costo es la ventaja principal de la fotogrametría arquitectónica como la tendencia natural, en forma similar al proceso por el cual esta ha evolucionado hacia sistemas de toma y restitución íntegramente digitales. El modelo creado para la calibración por líneas de la cámara digital no profesional para la toma de fotos por la FAD, así como el procedimiento para el procesamiento digital de imágenes de bienes inmuebles con valores reconocidos del caso histórico de la ciudad de Holguín, permitió la creación de un catálogo de fotografías métricas perfectamente documentadas para una futura restitución de los monumentos, así como la elaboración de documentación gráfica extremadamente útil para el proceso de conservación de esta ciudad y generalizable a cualquier entorno urbano, con el uso de recursos de bajo costo y con una tecnología adecuada al desarrollo local.

Referencia bibliográfica

LEÃO DE AMORIM, A. & GROETELAARS, N. J. 2008: Técnicas de restituição fotogramétricas digitais aplicadas à Arquitetura: um estudo de caso. UFBA. Brazil.

*Trabajo presentado en el *XIX Fórum Científico Nacional de Estudiantes Universitarios de Ciências Técnicas*. Tutorado por la Dra. C. Ana Luisa Rodríguez Quesada y el Dr. C. Frank Navarro Tamayo.

La imagen fue tomada del sitio <http://www.radiorebelde.cu/noticias/habaneras/habaneras-150409.html>