

LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO EXTERNO-INTERNO DE UNA EDIFICACIÓN

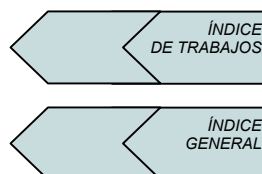
Mario GARDIOL

Al realizar un levantamiento fotogramétrico externo e interno de una edificación es necesario considerar que la geometría del mismo debe ser homogénea, para que su correspondiente representación cartográfica tenga una precisión uniforme en su totalidad. El método presentado en este trabajo fue ejecutado en la investigación realizada en el ámbito del curso de Pos-graduación en Ingeniería Civil de la Universidad Federal de Santa Catarina (Florianópolis, Brasil), la cual tenía como objetivo analizar el método de levantamiento fotogramétrico aplicado al interior y exterior de predios y establecer un procedimiento o precauciones a tener en cuenta en el levantamiento, con la finalidad de obtener una buena geometría homogénea entre la geometría interna y externa del predio. Para el desarrollo de dicha investigación, fueron establecidas 4 áreas de estudio, donde una de estas áreas correspondía al exterior de la edificación (con una longitud de 50 m y una altura de 10 m), el área de la escalera que permite la comunicación de la planta baja con el primer piso, el hall localizado en el primer piso y que comunica a las dos alas del edificio y la última área que esta subdividida en tres habitaciones de diferentes tamaños y con muebles permanentes.

Se emplearon procedimientos simples con equipamientos versátiles y de menor costo, como ser una estación total Topcon GTS-211D, una cámara a digital Olympus C820-L y el software de restitución Photomodeler. Las conclusiones de esta investigación permitieron ratificar la importancia de planear y ejecutar con mucho cuidado el levantamiento de las poligonales internas y externas, de las estaciones instrumentales y de los puntos de control y de establecer diferentes métodos de control que permitan descubrir errores cometidos en el desarrollo del mismo.

Palabras Claves: geometría externa-interna, levantamiento fotogramétrico en edificaciones.

Prof. M.Eng. Mario R. GARDIOL - mgardiol@hotmail.com - Universidad Nacional del Litoral - Departamento de Cartografía - Pasaje Suárez 2631 - 3000 - Santa Fe - Argentina



LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO EXTERNO-INTERNO DE UNA EDIFICACIÓN

Mario GARDIOL

Resumen: Al realizar un levantamiento fotogramétrico externo e interno de una edificación es necesario considerar que la geometría del mismo debe ser homogénea, para que su correspondiente representación cartográfica tenga una precisión uniforme en su totalidad.

El método presentado en este trabajo fue ejecutado en la investigación realizada en el ámbito del curso de Pos-graduación en Ingeniería Civil de la Universidad Federal de Santa Catarina (Florianópolis, Brasil), la cual tenía como objetivo analizar el método de levantamiento fotogramétrico aplicado al interior y exterior de predios y establecer un procedimiento o precauciones a tener en cuenta en el levantamiento, con la finalidad de obtener una buena geometría homogénea entre la geometría interna y externa del predio.

Para el desarrollo de dicha investigación, fueron establecidas 4 áreas de estudio, donde una de estas áreas correspondía al exterior de la edificación (con una longitud de 50 m y una altura de 10 m), el área de la escalera que permite la comunicación de la planta baja con el primer piso, el hall localizado en el primer piso y que comunica a las dos alas del edificio y la última área que esta subdividida en tres habitaciones de diferentes tamaños y con muebles permanentes.

Se emplearon procedimientos simples con equipamientos versátiles y de menor costo, como ser una estación total Topcon GTS-211D, una cámara a digital Olympus C820-L y el software de restitución Photomodeler.

Las conclusiones de esta investigación permitieron ratificar la importancia de planear y ejecutar con mucho cuidado el levantamiento de las poligonales internas y externas, de las estaciones instrumentales y de los puntos de control y de establecer diferentes métodos de control que permitan descubrir errores cometidos en el desarrollo del mismo.

Palabras Claves: geometría externa-interna, levantamiento fotogramétrico en edificaciones.

1 OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo corresponde a analizar el método de levantamiento fotogramétrico aplicado al interior y exterior de predios y establecer un procedimiento o precauciones a tener en cuenta en el levantamiento, con la finalidad de obtener una buena geometría homogénea entre la geometría interna y externa del predio.

2 ÁREA DE ESTUDIO

Dentro de las diferentes construcciones localizadas en los límites del Campus Universitario de la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC), se adoptó el edificio en que se desarrolla el curso de Ingeniería Civil.

Para el desarrollo de dicha investigación, fueron establecidas 4 áreas de estudio:

- Área 1 – Parte exterior del edificio, correspondiendo a los tres lados del ala C y lado norte del bloque de comunicación (en color rojo).
- Área 2 - Escalera que comunica la planta baja con el primer piso, del lado oeste (en color azul).
- Área 3 – Pasillo de comunicación entre las alas C y D del edificio, en el primer piso (en color magenta).
- Área 4 – Sala principal y conjunto de salas pertenecientes al Laboratorio de Fotogrametría, Sensoriamento Remoto y Geoprocesamiento, localizados en el ala C (oeste) en el primer piso (en color verde).



Figura 1. - Localización de las áreas de estudio.

4 MÉTODO Y EQUIPAMIENTO

Se emplearon equipamientos versátiles y de menor costo, como ser: una estación total Topcon GTS-211D, nivel ZEISS Ni 40, una cámara digital Olympus C820-L y el software de restitución Photomodeler.

4.1 Levantamiento topográfico

El objetivo del levantamiento topográfico era determinar las coordenadas geométricas de los diferentes puntos de control que fueron distribuidos en la parte exterior e interior del edificio, los cuales debían estar correlacionados geoméricamente por medio de poligonales topográficas.

Por lo tanto, para la **determinación de las poligonales externas e internas**, primeramente se analizó una distribución aproximada de los puntos de control en las distintas áreas y se determinó que cada una de las fachadas deberían ser levantadas por medio de dos estaciones instrumentales y en cada área interna o sector de estudio serían necesarias definir como mínimo cuatro estaciones instrumentales (Figura 2).

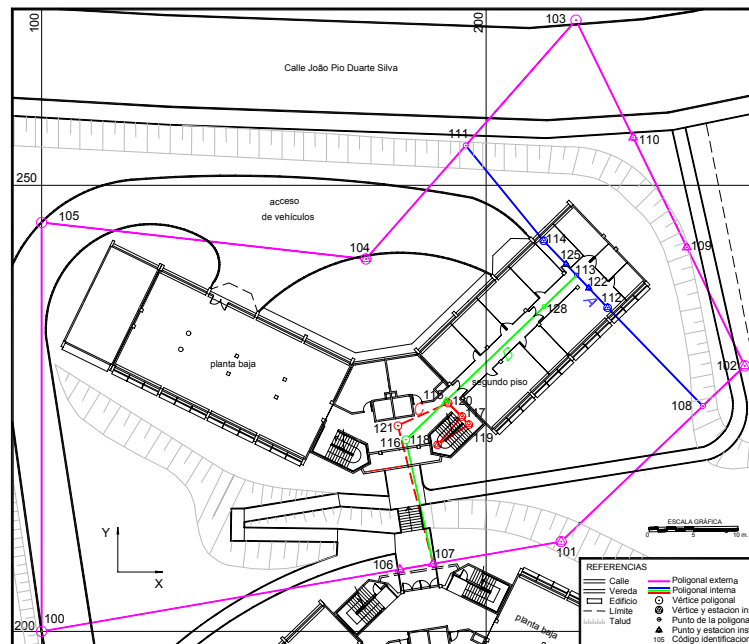


Figura 2. - Localización de las poligonales externa e internas.

Considerando que las estaciones instrumentales, deberían estar incorporadas en el trazado de la poligonal se planeó y demarcó una poligonal externa cerrada alrededor del edificio y tres poligonales internas (A, B y C). Para la densificación de las estaciones instrumentales se emplearon los métodos de alineación y ortogonal. Los vértices de la poligonal, como las estaciones instrumentales fueron materializadas.

Estableciendo un sistema de coordenadas locales fueron realizadas las mediciones angulares y lineares; y posteriormente fueron calculadas las coordenadas X, Y de cada estación instrumental. Finalmente, se hizo el nivelamiento geométrico de los vértices y puntos demarcados, y se realizó una lista de coordenadas X, Y, Z.

Con respecto a la **localización y levantamiento de los puntos de control**, se planeó una distribución homogénea de los puntos de control en todas las fachadas a levantar, y adonde fue dificultosa la localización de los mismos, se determinaron puntos naturales de la edificación bien definidos (Figura 3).

En el interior, se analizaron las características constructivas de las tres áreas a levantar, y teniendo en cuenta el área de visión de la cámara digital, se estableció la localización de las marcas con una distribución lo más homogénea posible en todas las paredes de las áreas; tratando que dicha localización permitiera el registro de los vértices superiores e inferiores de las habitaciones, características destacadas en el predio (por ejemplo: columnas) y la mayor superficie de las paredes correspondidas entre el techo y el piso. En el caso del Área 4, la localización de las marcas y la superficie a levantar estuvieron limitadas por la distribución de los muebles y equipamientos existentes en los diferentes sectores.

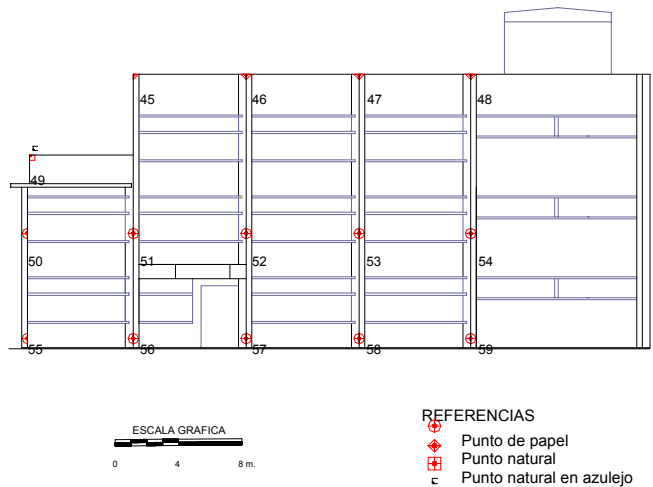


Figura 3. - Croquis de localización e identificación de los puntos de control.

Para la determinación de las coordenadas de los puntos de control, se empleó el método de intersección directa con dos visadas. Por tanto, para cada uno de los lados de las salas o áreas fueron utilizadas dos estaciones instrumentales.

El procedimiento fue: posicionar la estación total en el primer punto o vértice, medir la altura del aparato, tomar los ángulos a las estaciones vecinas y los ángulos a cada punto de control y después posicionar la estación total en el segundo punto o vértice, y proceder de la misma forma. Para el cálculo de las coordenadas se empleó el software GEOD, desarrollado por el Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung de la Universidad de Karlsruhe (Alemania).

4.2 Levantamiento fotográfico

Para el levantamiento fotográfico se empleó la cámara digital OLYMPUS Camedia C-820L, por no ser una cámara métrica, se tuvo que hacer la calibración de la misma. Para eso, se utilizó el software Camera Calibrator 3.1, que integra el conjunto de softwares del Photomodeler.

Al realizar las tomas fotográficas, el manual del software Photomodeler, aconseja obtener como mínimo la imagen de un punto en tres fotografías para conseguir una buena calidad geométrica del mismo y esta cualidad aumenta cuando tiene una demarcación del mismo punto en una mayor cantidad de fotografías.

Teniendo en cuenta la distribución de los puntos de control en el exterior, se hizo un planeamiento de los sectores a fotografiar, donde en cada sector serían tomadas como mínimo tres fotografías, una perpendicular, una oblicua de la izquierda y otra oblicua de la derecha. En el interior, antes de comenzar a realizar las tomas fotográficas se observaron las características constructivas de las diferentes áreas internas (localización de las ventanas y puertas), ya que la ubicación de estas influirían en el porcentaje del ingreso de la iluminación natural, y esto determinaría el empleo o no de la iluminación artificial.

Después de realizada la cobertura fotográfica total del edificio (202 fotografías), se hicieron croquis de localización e identificación de las diferentes tomas fotográficas (Figura 4). Debido a la cantidad de fotografías y semejanza entre ellas, se establecieron carpetas para cada una de las áreas y se creó un código de identificación individual de cada fotografía.

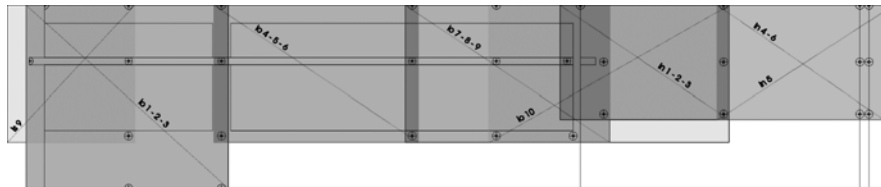


Figura 4. - Croquis de localización e identificación de las fotografías.

4.3 Restitución fotogramétrica

El objetivo principal de la restitución era la obtención de un archivo con coordenadas X, Y, Z de los puntos de control (señalizados con marcas o puntos naturales) localizados en las diferentes áreas y puntos auxiliares. Para eso se generaron seis proyectos de restitución relacionados a cada una de las áreas y sectores de estudio.

El primer paso fue la creación del proyecto, donde fueron incorporados los datos generales del trabajo y de la cámara fotográfica. Después fueron importadas las primeras tres fotografías donde se demarcaron los puntos de control y puntos auxiliares, inicialmente en la fotografía de toma perpendicular que luego fueron correlacionados a las dos fotografías restantes y finalmente fueron procesadas.

Posteriormente, se incorporaron nuevas fotografías, demarcaron todos los puntos de control y correlacionaron los mismos en todas las fotografías del proyecto. Concluido el procesamiento del proyecto, se analizaron en una tabla, los datos de las coordenadas de los puntos restituidos, la precisión y ángulo de abertura de los mismos.

Para escalar el proyecto fueron escogidos tres puntos de control, cuyas coordenadas fueron obtenidas de los datos topográficos calculados por el software Geod. Posteriormente, el modelo restituido, fue observado en 3D.

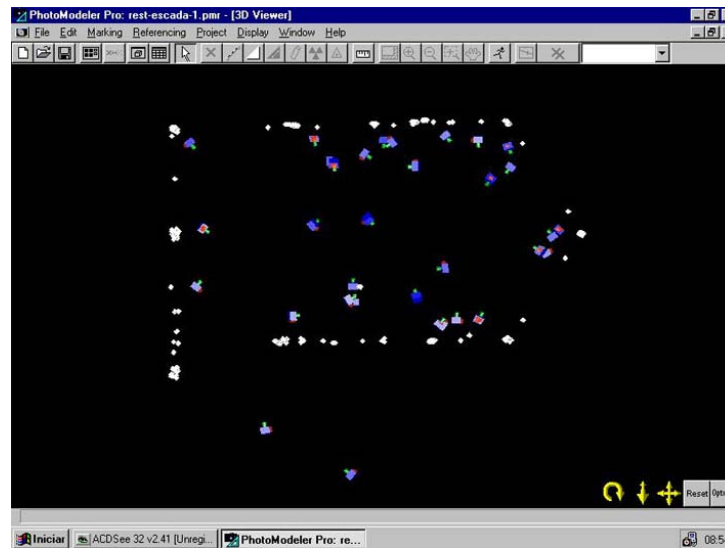


Figura 5. - Visualización del proyecto restituido en 3D.

4.4 Análisis de la precisión

Para analizar si el procedimiento empleado en el levantamiento fotogramétrico fue homogéneo, fue necesario estimar la precisión alcanzada en las partes externas e internas. Por tanto, en nuestro caso, al tener un conjunto de puntos obtenidos topográficamente y los mismos puntos obtenidos fotogrametricamente; se calcularon con el software AETRA (calcula los parámetros del ajuste para la transformación de similitud con puntos idénticos estocásticos) los parámetros existentes entre los dos conjuntos de puntos.

Como consecuencia fueron seleccionado al azar entre 10 y 12 puntos restituidos (en cada área o sector de estudio) y mediante los parámetros calculados por el AETRA, se estimó su coordenada topográfica, y haciendo la diferencia con la coordenada topográfica medida en campo se calculó el desvío padrón y el vector de error (Tabla 1).

Áreas	Desvío Padron (mm)			Vector de Error (mm)
	X	Y	Z	
1	104.18	134.08	40.24	174.50
2	8.84	13.43	7.10	11.49
3	7.01	10.61	3.10	13.08
4-a	3.72	6.78	4.05	8.73
4-b	8.37	6.78	3.57	11.34
4-c	8.51	7.45	3.57	11.86

Tabla 1 – Cálculo del vector error

Si examinamos los valores de los vectores de error calculados, se puede observar que los valores en las áreas internas estudiadas son semejantes, con poca variación, lo que permitiría considerar homogéneo el levantamiento interno; en tanto, no aconteció lo mismo en el levantamiento exterior.

Si tratamos de estimar las posibles causas de los resultados en el exterior, debemos considerar que puede haber ocurrido un posible error en el procedimiento y manejo de los instrumentos topográficos, o que la geometría de las vistas a los puntos de control no fue la más adecuada. También tenemos que considerar que la precisión de las coordenadas de los mismos puntos obtenidos fotogrametricamente, la configuración de las fotografías, la cantidad de fotos, la precisión en la localización de los puntos restituidos y el tamaño del objeto restituido; podrían haber influenciado en la rigidez del modelo restituido.

Mas consideramos que la configuración de las fotografías, ya que no existían fotografías que permitieran la demarcación en forma conjunta de los puntos localizados en las diferentes fachadas, tuvo una mayor influencia.

5 ANÁLISIS Y CONCLUSIÓN

En el presente levantamiento fotogramétrico aplicado al interior y exterior de edificios fueron empleados procedimientos simples, equipamientos versátiles y de bajo costo.

Concretamente, el método desarrollado en esta investigación, no permitió obtener datos homogéneos entre la parte externa e interna. No obstante, en las diferentes áreas internas si se logró un levantamiento homogéneo y con una precisión aproximada de 11 mm, lo que permitiría determinar que el procedimiento podría ser empleado en situaciones donde se quiere obtener una información generalizada de la edificación o tambien, en otras áreas temáticas, como ser: actividades arqueológicas, minería, construcción de túneles, etc..

Resumiendo, podemos determinar que este levantamiento permitió ratificar la importancia de: planear y ejecutar con mucho cuidado el levantamiento de las poligonales internas y externas, de las estaciones instrumentales y de los puntos de control; establecer diferentes métodos de control que permitan descubrir errores cometidos en lo mismo; planear una adecuada cobertura del objeto a restituir y demarcar cuidadosamente los puntos restituidos.

En el futuro, se deberían hacer varias experiencias de levantamientos con cámaras fotográficas que registran em filme, levantamientos topográficos con instrumentos de mayor precisión, emplear otras medidas de control, entre otras. Para poder estimar cual sería la mejor solución para el levantamiento fotogramétrico externo e interno de una edificación, con un empleo de procedimientos e equipamientos accesibles, y que contemplen resultados homogéneos en la relación externa-interna.

6 BIBLIOGRAFÍA

- BANNISTER, A. ; RAYMOND, S. ; BAKER, R., 1992. *Surveying*. Longman Scientific & Technical, 6. ed., London.
- DALLAS, R. *Architectural and Archaeological Photogrammetry*. In: ATKINSON, K., *Close range photogrammetry and machine vision*, Scotland, Whittles Publishing, 1996.
- _____, 1992. *A specification for the architectural photogrametric survey of historic buildings and monuments*, in XIII CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM, Cracow, Cracow.
- EOS SYSTEMS INC. *Photomodeler Pro – user manual* (version 3.0). 11. ed. Canada, 1997.
- GUZZETTI, F. ; MONTI, C., 1987. *The survey of the St. Aquilino's chapel in St. Lorenzo's*, in X CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM, Granada, España.
- HANKE, K., 2000. *Accuracy Study Project of Eos Systems' PhotoModeler*, in URL: <http://www.photomodeler.com/study/study3.htm>.
- SILVA, S. ; DALMOLIN, Q., 1998. *Levantamento fotogramétrico e integração de informações para monumentos arquitetônicos: estado da arte*, in Congresso Brasileiro de Cadastro Tecnico Multifinalitario, Florianópolis, Brasil.
- WALDHÄUSL, P. ; PEIPE, J. *Control Information in Architectural Photogrammetry*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM, Cracow, 1990, Anais, Cracow, 1992.

Prof.M.Eng. Mario R. GARDIOL - mgardiol@hotmail.com - Universidad Nacional del Litoral - Departamento de Cartografía -Pasaje Suárez 2631 - 3000 - Santa Fe - Argentina

