

LA GEOFÍSICA COMO HERRAMIENTA DE APOYO A LAS INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS DE LA HABANA VIEJA

Ramón **GONZÁLEZ CARABALLO**
Departamento de Geociencias
ISPJAE

RESUMEN: *Las investigaciones Arqueológicas en la Habana Vieja (Patrimonio de la Humanidad) se vienen realizando desde hace mucho tiempo mediante la utilización de formas tradicionales de esta modalidad donde el papel fundamental para la elección de los sitios a excavar y de los puntos de excavación se hace sobre la base de los elementos aportados por los documentos históricos existentes, y ello unido a la experiencia acumulada por los especialistas encargados. Desde hace poco mas de 10 años y como una necesidad emanada del volumen creciente de sitios a excavar y de la necesidad de dar respuestas relativamente rápidas, se ha incorporado a todo lo anterior la utilización de métodos geofísicos capaces de aportar elementos físico geológicos que permitan una mejor selección de los puntos de excavación. En el presente trabajo se muestran los resultados alcanzados mediante la utilización una metodología diseñada para la utilización de la Microgravimetría en las investigaciones realizadas en iglesias, conventos, fortalezas militares y viviendas, dentro de cuyos patios, habitaciones y jardines existen objetos, restos de estructuras, pozos criollos, letrinas, enterramientos humanos, etc., que constituyen objetivos de interés por el aporte de elementos y conocimientos que los mismos encierran relacionados con la cultura y vida de nuestros antepasados.*

ABSTRACT: The Archaeological investigations in the Old Havana one comes carrying out for a lot of time and for they were used it the traditional forms of this modality where the fundamental paper for the election of the places to dig and of the excavation points it is made on the base of the elements contributed by the existent documents and for the experience accumulated by the specialists. For little but of 10 years he/she has incorporated to everything it the use of geophysical methods able to contribute geologic elements physique that you/they allow a better selection of the excavation points. In this work are shown the results reached by means of the use of the Microgravimetric surveys in the investigations carried out in churches, convents, military strengths and

housings inside whose patios, rooms and gardens exist objects, remains of structures, Creole wells, latrines, human burials, etc., that they constitute objectives of interest for the contribution of elements and knowledge that the same ones contain related with the culture and our ancestor's life.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de la Geofísica a las Investigaciones Arqueológicas ha estado condicionada por las posibilidades tecnológicas del equipamiento de medición y las características de los sistemas de procesamiento e interpretación, los cuales, deben ser suficientes como para poder detectar anomalías muy pequeñas en extensión y amplitud, lo cual implica que el mayor desarrollo se haya logrado a partir de la década de los años 40 cuando comienzan a aparecer en el mercado equipos de alta sensibilidad y se introducen modernos medios de computación que posibilitan la instrumentación de técnicas modernas de procesamiento e interpretación. capaces de responder a los requerimientos exigidos. También debe tenerse en cuenta que las investigaciones geofísicas en la Arqueología se pueden dividir en dos grandes grupos, uno relacionado con los trabajos a desarrollar en áreas urbanas y los que se desarrollan en áreas rurales. En éste último caso, la ejecución de los trabajos de campo presenta pocas limitaciones que pudieran resumirse en presencia de zonas cenagosas, existencia de irregularidades topográficas y presencia de bosques tupidos, sin embargo, en el caso de las áreas urbanas la existencia de áreas pavimentadas, muros y obstáculos horizontales, edificaciones, ruidos industriales, movimiento de vehículos que originan pequeños microsismos etc. hacen que muchos métodos presenten grandes limitaciones para que puedan ser incluidos dentro del complejo a utilizar y en otros casos son invalidados para ello. En Cuba, no es hasta hace aproximadamente unos 15 años que comienza este movimiento de utilización de métodos geofísicos para apoyar los trabajos arqueológicos en áreas urbanas, partiendo de los aportes muy modestos logrados a través de levantamientos magnéticos que posibilitaron la ubicación de cañones enterrados en la zona litoral de La Bahía de la Habana en la conocida "Cortina de Valdés". Esta área está caracterizada por presentar condiciones ideales de ciudad para la realización de este tipo de trabajos, lo cual favoreció el resultado positivo de la investigación. A partir de la década de los años 90 se comienza a utilizar con carácter sistemático el levantamiento microgravimétrico que mediante una metodología diseñada para las condiciones urbanas, logra dar respuesta a los objetivos ubicados en zonas con condiciones de mayor complejidad

Aunque es conocido que la aplicación eficiente de los métodos geofísicos es cuando se emplea un complejo racional, en este caso, por las razones antes enumeradas, los trabajos geofísicos en La Habana Vieja se han reducido a la utilización de la Microgravimetría ya que los sitios objeto de interés planteados en esta etapa han presentado una cantidad suficiente de limitaciones a otros métodos que los han invalidado.

DESARROLLO

La ambigüedad en la solución de las tareas geofísicas aconseja que cada tarea geológica a estudiar sea abordada por más de un método con el objetivo de llegar a la misma respuesta por diferentes vías, sin embargo, en el caso que nos ocupa, se ha utilizado un solo método, lo cual se justifica por el hecho de que la situación física de los sitios a investigar es tal que no se cuenta con el mínimo de condiciones exigidas por cualquiera de las variantes posibles a utilizar, sobre todo, en lo referente a espacio para la extensión de dispositivos de medición, la existencia de pisos y pavimentos de considerable espesor, gran cantidad de residuos metálicos en superficie, líneas eléctricas de voltajes variados, tuberías enterradas, salideros de agua, etc. Como una salida a la situación existente se estudió el empleo de la Microgravimetría para la solución de la mayoría de las tareas planteadas, sobre todo, teniendo en cuenta su alto poder resolutivo y la posibilidad de realización de las mediciones de campo en las condiciones descritas. El resultado de ese estudio posibilitó concluir que los contrastes de densidad, profundidades de estudio y dimensiones de los objetos de interés son suficientes para esperar anomalías de campo medibles y utilizables en el proceso de interpretación de las mismas.

Los trabajos microgravimétricos fueron proyectados de acuerdo con los resultados del modelaje realizado, resultando evidente que las mediciones debían realizarse según perfiles paralelos con separación constante entre ellos y distanciamiento entre puntos de medición sobre los mismos de 2 metros y 1 metro en las áreas anómalas. Se proyectó el control topográfico planimétrico y altimétrico de todas las observaciones a partir de la ubicación de un punto fijo de referencia.

Los principales objetivos buscados se resumen en:

- Estructuras de edificaciones anteriores enterradas.
- Restos de construcciones secundarias tales como pozos criollos, letrinas, canales de conducción de aguas pluviales, aljibes, etc.
- Localización de enterramientos humanos.
- Localización de objetos variados.

En cada punto se midieron los valores de campo sobre la superficie y los valores de gradiente vertical de torre, los cuales permitieron en la etapa de gabinete calcular los gradientes horizontales en diferentes direcciones y la señal analítica que en la etapa posterior sirvieron para la interpretación cualitativa y cuantitativa de las anomalías

Como resultado de los trabajos experimentales realizados se puede inferir lo siguiente:

- La metodología empleada para las mediciones y procesamiento de los datos permitieron alcanzar un error medio cuadrático de las observaciones aisladas de 0.04 mGal que se considera suficiente para los niveles anómalos existentes.
- Las curvas de D_g , V_{zx} y V_{zz} son suficientemente elocuentes como para considerar su comportamiento como un reflejo fiel de la situación geológica del

área y la interpretación combinada de las mismas, conjuntamente con la señal analítica calculada, nos permite llegar a las conclusiones definitivas. Todo esto se comprueba con las excavaciones realizadas que arrojan más de un 90 % de efectividad.

· La aplicación de la metodología obtenida facilita la solución rápida y económica de las tareas técnicas planteadas y se convierte en una herramienta indispensable para la ejecución eficiente de la actividad arqueológica.

ALGUNOS EJEMPLOS SOBRE LOS RESULTADOS ALCANZADOS EN LOS SITIOS ESTUDIADOS

Los ejemplos presentados representan una parte de la totalidad de los trabajos realizados dentro de la Habana Vieja.

Estudio de las áreas correspondientes a la "Casa del Marqués de Arcos" en el centro histórico de la ciudad de La Habana

Objetivos

Este objetivo es una casa de la época colonial, perteneciente a una personalidad de la época, que se encontraba en etapa de restauración como parte del proyecto de rescate de este tipo de edificación representativa de los valores arquitectónicos de la época y en cuyos patios y habitaciones se puede esperar la existencia de objetos y estructuras enterradas pertenecientes a edificaciones anteriores que existieron en ese lugar o a las modificaciones hechas a esta misma casa y por otra parte resultó de interés definir límites de la antigua ciénaga litoral que a su vez definía los límites de la ciudad.

Para cumplir con estos objetivos se planificó el estudio del patio central y de varios corredores y habitaciones que según los datos históricos y la disposición tradicional de las partes de una casa de la época, resultaban perspectivas.

Resultados obtenidos

Entre otras cosas, fue descubierta una gran letrina rellena de objetos arqueológicos de la época (restos de vajillas, objetos personales, cerámica, etc) Se ubicó el límite de la costa en la época en que fue construida la casa y se ubicó del aljibe principal de la casa ([figuras 1](#) y [1a](#)). Todo esto fue posible mediante la utilización de la anomalía de Bouguer, del gradiente vertical de Torre, de los gradientes horizontales y de la Señal Analítica como variantes del método gravimétrico de prospección, tanto en las etapas de medición como durante el procesamiento. Aunque la totalidad de estas herramientas nos ayudaron en la interpretación, puede apreciarse una buena correspondencia entre el comportamiento de la curva Dg y la ubicación de los objetos buscados.

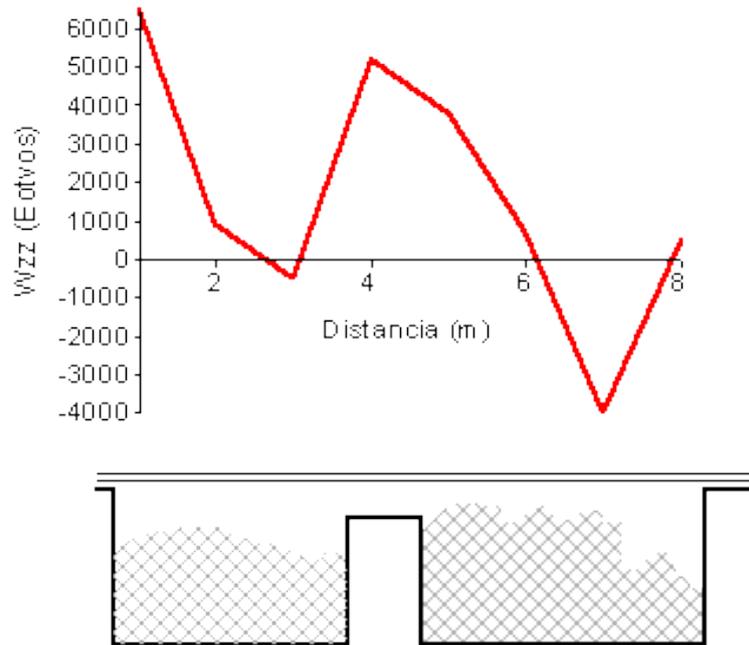


Figura 1. Perfil que muestra la manifestación de un aljibe dividido en dos secciones que fue acondicionado para el almacenamiento de agua de la edificación una vez restaurada.



Figura 1a. Casa del Marqués de Arcos.

Estudio de los alrededores del "Castillo de los Tres Reyes del Morro"

Objetivos

Ubicar los restos de la antigua pared límite de la edificación destruida durante el ataque de los ingleses en la toma de La Habana dado que en la reconstrucción realizada no se fue fiel a los antiguos límites y por otra parte, definir la posible existencia de un enterramiento en una de las paredes interiores de la edificación.

Dada la imposibilidad de realización de mediciones con otros métodos, se utilizó la Microgravimetría en perfiles perpendiculares a la posible dirección de las estructuras, en una red de perfiles a distancias variables y distancias entre puntos de medición de 1 metro.

Resultados

Se logran los dos objetivos ([figura 2](#)), en un caso, se define la ubicación de la antigua pared de la edificación y se determinan los lugares donde hay que excavar para la restauración dirigida. Y en el otro se logra definir que la pared estudiada con dimensiones anormales se encuentra parcialmente rellena y constituye una posibilidad de escondite de objetos (en este último caso no se efectuó la comprobación por las implicaciones que puede tener la ruptura de parte de la pared correspondiente)

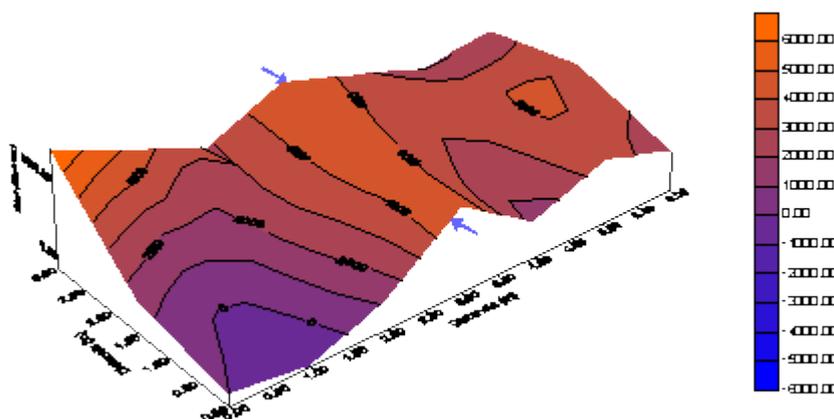


Figura 2. Este gráfico axonométrico muestra el resultado de las investigaciones efectuada en el Castillo de los Tres Reyes del Morro donde se puede observar el efecto de la antigua pared de la fortaleza que existía antes de la Toma de la Habana por los Ingleses.

Investigaciones realizadas en la "Casa de Calderón"

Objetivos

La localización de todo tipo de resto de edificaciones y construcciones secundarias presumiblemente enterradas y ubicadas en las actuales habitaciones de la casa en restauración. Para ello se estudiaron los patios interiores y algunas habitaciones

que se consideraron perspectivas por estar ubicadas en los lugares donde originalmente debieron encontrarse la cochera, la cocina de la casa, etc.

Resultados alcanzados

Se lograron ubicar varios objetos de obra tales como dos pozos criollos ([figuras 3 y 3a](#)) unidos y un tercero en posición cercana a la pared de una de las habitaciones, lo cual permitió inferir que los límites actuales de la edificación no coinciden exactamente con los originales. Con relación a los dos pozos contiguos que se observan en la figura debe notarse que su efecto gravimétrico está manifiesto en la curva de campo obtenida de las mediciones efectuadas donde los dos mínimos corresponden a cada pozo por separado y constituyó un elemento importante para diagnosticar una situación que indujo a los arqueólogos a continuar las excavaciones una vez que llegaron al fondo del primer pozo y así poder aclarar esta situación tan interesante. Por otra parte, dentro de una de las habitaciones se detectó una letrina rellena de material arqueológico propio del período de tiempo en que fue habitada la casa (cerámica, objetos personales, vajillas), un aljibe parcialmente relleno con desechos de las modernizaciones realizadas a la casa, y una obra hidráulica representada por un sistema de canales construido con cantos de roca que conducían el agua pluvial hasta el aljibe próximo.

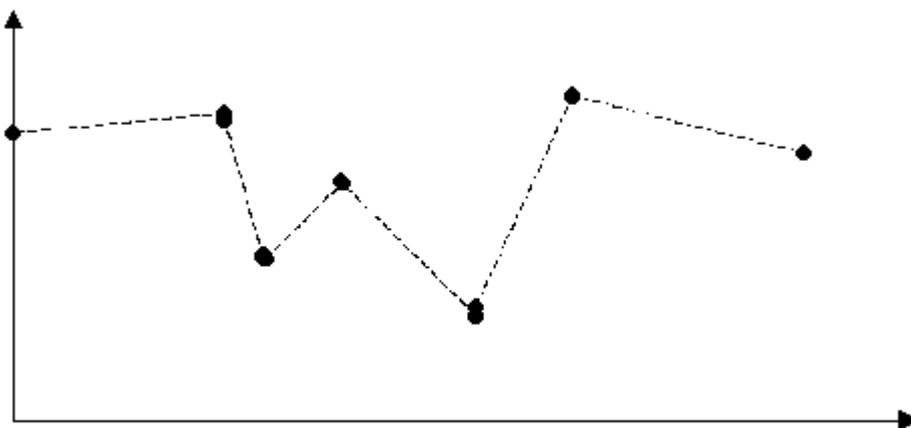


Figura 3. Ejemplo de un perfil realizado en el patio de la llamada Casa de Calderón donde se observan anomalías vinculadas con la existencia de un pozo criollo dividido en dos secciones superpuestas.

Investigaciones en el "Convento de Belén"

Objetivos

La elección de este sitio se debió a que en esta edificación, al igual que en todas las construcciones de uso religioso, se realizaban enterramientos que respondían a cierto orden establecido, sin embargo, las condiciones físicas del lugar no favorecían la ejecución de una arqueología tradicional ya que los pisos de granito de 15 centímetros de espesor que además, querían conservarse, lo obstaculizaban

y la ubicación de los puntos exactos donde se debían hacer las excavaciones resultó imprescindible



Figura 3a. Pozos criollos revelados con las investigaciones en la llamada Casa de Calderón.

Resultados logrados

Se ubicaron varios enterramientos humanos ([figura 4](#)) donde se logró definir la presencia de clérigos, zapateros y otros enterrados según un orden que no se corresponde con el orden jerárquico establecido en la época para los enterramientos. Como resultado adicional se destaca que no hubo necesidad de destruir la totalidad del piso que como objetivo, se quiso mantener en la edificación restaurada.

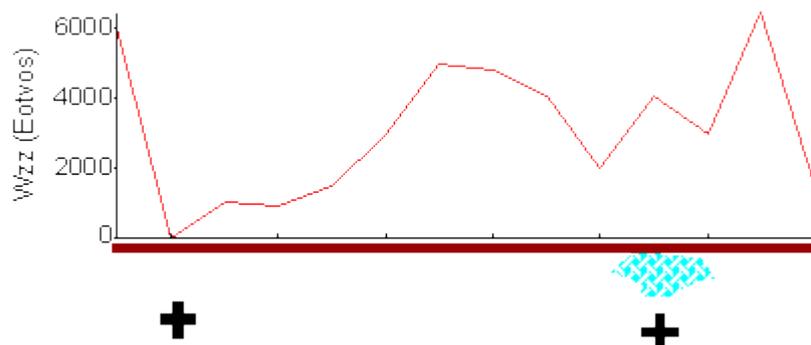


Figura 4. Ejemplo de un perfil realizado en la Iglesia de Belén que permitió revelar la presencia de enterramientos humanos de mucho valor histórico.

Investigaciones en la "Iglesia de Paula"

Objetivos

Se planteó la necesidad de ubicación de lugares en donde hubiera posibles enterramientos humanos. En este caso, las condiciones físicas del lugar eran más favorables para la arqueología tradicional pero se decidió la utilización de la Microgravimetría como apoyo con el fin de agilizar estas labores que ya impedían el avance de las labores de restauración.

Resultados alcanzados

Se definieron 3 lugares perspectivas ([figura 5](#)) de los cuales 2 resultaron enterramientos con alrededor de 35 personas con diferentes grados de conservación de sus restos en un caso y un enterramiento desordenado con pocas posibilidades de completar esqueletos completos. El tercer sitio resultó un enorme nudo de tuberías de desagüe y conducción de aguas.

En general, se logró definir que los enterramientos existentes se corresponden con la situación de gran cantidad de muertes ocurridas en la época como consecuencia de una gran epidemia que hubo de ocurrir en la ciudad. También fueron identificados restos de personas pertenecientes a culturas americanas cuya presencia en Cuba resultaba una hipótesis.

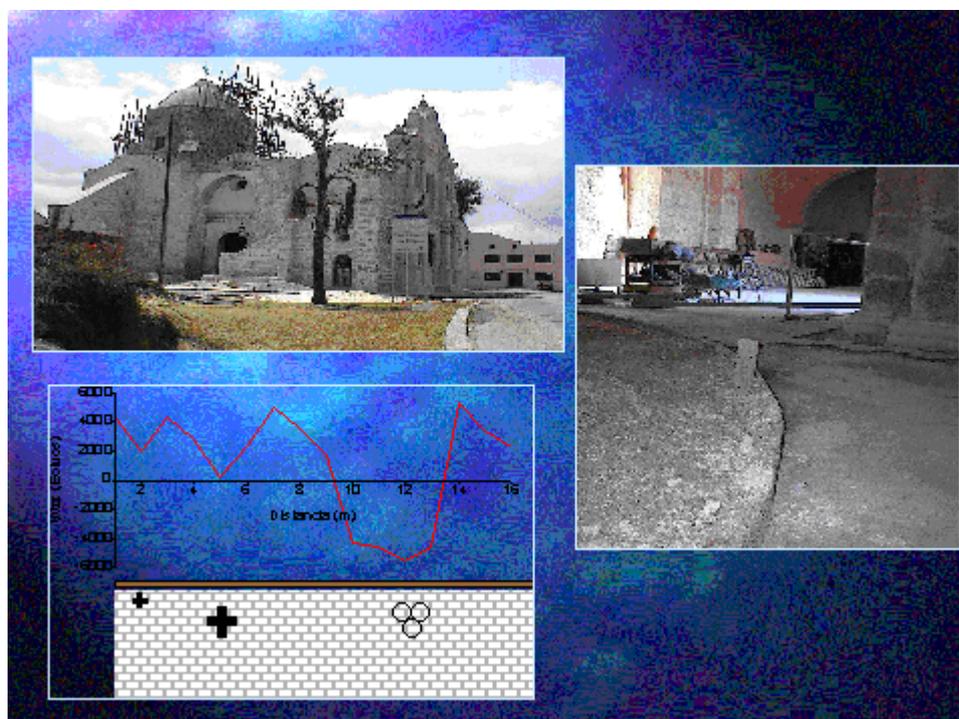


Figura 5. Resultados de la investigación en "Iglesia de Paula".

CONCLUSIONES

- En las condiciones de ciudad, la Microgravimetría como método Geofísico constituye una herramienta poderosa (con una efectividad por encima del 90 %) para el apoyo a las investigaciones arqueológicas.
- Con la aplicación del método descrito se logra una mayor rapidez en las labores, así como una mayor efectividad de los trabajos al lograr descartar los lugares donde no se debe esperar la existencia de objetos de valor que a la vez permiten mantener sin alteración aquellos lugares que no sean anómalos.
- La generalización de este tipo de trabajos puede contribuir a que en un período de tiempo relativamente corto se logre incrementar considerablemente la información derivada de la arqueología relacionada con la historia de la ciudad y del país en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arzi, A. A. (1975): Microgravity for engineering applications. *Geophysical Prospecting*, 23 (3), 408-425.
- Blizkovsky, M. (1979): Processing and applications in Microgravity surveys. *Geophysical Prospecting* 27, 848-861.
- Butler, D. K. (1984a): Interval Gravity Gradient Determination Concepts. *Geophysics*, 49 (6), 828-832.
- (1984b): Microgravimetric and gravity - gradient techniques for detection of subsurface cavities. *Geophysics*, 49 (7), 1084-1096.
- Fajkiewicz, Z. J. (1976): Gravity vertical gradient measurement for detection of small geologic and anthropomorphic forms. *Geophysics*, 41 (5), 1016 -1030.
- González Caraballo, R. (1995): La microgravimetría aplicada a la solución de algunas tareas geológicas. *Revista Minería y Geología* 3 (12). 23-31.
- (1997): Utilización de la microgravimetría en la solución de problemas geológicos someros. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Departamento de Geofísica. ISPJAE.
- (2001) La Geofísica en las investigaciones arqueológicas de la Habana Vieja. *Revista Arqueología* 1(1), 67-71
- Hammer, S. (1974): Relative precision of vertical and horizontal gravity gradients measures by gravimeters. *Geophysics* 44 (1). 99-101.
- Nabighian, N. M. (1972): The analytic signal of two dimensional bodies with polygonal cross-section. Its properties and use for automatic interpretation. *Geophysics* 37 (4). 507-517.

----- (1974): Additional comments on the analytic signal of two dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section. Geophysics 39 (1). 85-92.