

# ESTUDIO DE MICROGRAVIMETRIA Y RESISTIVIDAD ELECTRICA DEL TEMPLO DE LA PARROQUIA MADRE DEL REDENTOR DE SUBA, BOGOTÁ, D.C., COLOMBIA

## STUDY OF ELECTRIC MICROGRAVIMETRY AND ELECTRICAL RESISTIVITY OF THE TEMPLE OF THE PARISH MOTHER OF THE REDEEMER OF SUBA, BOGOTÁ, D.C., COLOMBIA

*Hernández, O<sup>1</sup>, Esquivel, J.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Edificio Manuel Ancizar Of 335  
Bogotá D.C. Colombia ohernandezp@unal.edu.co*

<sup>2</sup> *JEB & G geoexploraciones Bogotá D.C. Colombia jeb.ltda@gmail.com*

---

Hernández O., Esquivel J., (2015): *Estudio de Microgravimetria y Resistividad Electrica del Templo de La Parroquia Madre del Redentor de Suba, Bogotá, D.C., Colombia.*- GEOLOGIA COLOMBIANA, Vol. 40. Bogotá, Colombia. pp. 31-42

Manuscrito recibido: 15 de Junio de 2015; aceptado: 5 de Diciembre de 2015

---

### Resumen

De acuerdo con la solicitud de la Parroquia Madre del Redentor de Suba, se realizó un estudio de microgravimetría y resistividad eléctrica del templo de la Parroquia el cual consistió en la adquisición, procesamiento e interpretación de mediciones de la atracción gravitacional y resistividad eléctrica para modelar la posible presencia de cavidades o vacíos en el subsuelo sobre el cual está construido el templo y determinar la naturaleza natural o artificial del suelo - subsuelo y definir sus propiedades hidrogeológicas.

El Templo de la parroquia presentó un deterioro considerable de los pisos en sus partes interna y externa, con levantamiento y agrietamiento de baldosas en las zonas del atrio y nave central, el cual según la Parroquia, fue causado por el sismo ocurrido el 9 de febrero de 2013, registrado como un evento de magnitud 6.9 grados, el cual se sintió en la ciudad de Bogotá y gran parte centro-sur de la zona andina. La Parroquia procedió a tramitar la correspondiente reclamación ante su aseguradora, la cual conceptuó que los hechos reclamados no eran imputables al sismo del 9 de febrero de 2013, ya que la patología de los daños no correspondía con los efectos de tal fenómeno, relacionando los daños con los suelos naturales arcillosos del templo y la presencia de cavidades y humedad bajo el mismo.

Por lo tanto, este trabajo ha sido realizado para poder contribuir en la solución de estas posiciones encontradas, proporcionando información de las propiedades geofísicas del subsuelo sobre el cual está construido el templo para determinar si se presentan vacíos o cavidades que puedan estar asociados a los deterioros de pisos y paredes del templo por fenómenos de subsidencia o asentamiento diferencial de las estructuras, o si por lo contrario, no existen dichas cavidades, lo que implicaría que el deterioro de pisos y paredes pueda haber sido causado por el evento sísmico referido y por lo tanto se deba continuar con el trámite de reclamación ante la empresa aseguradora. También proporciona los modelos de resistividad eléctrica para determinar si los suelos sobre los que está construido el templo son de tipo natural o son zonas de relleno artificial.

**Palabras claves:** *Microgravimetría, resistividad eléctrica, cavidades, zonas de relleno.*

## Abstract

In accordance with the request of the Mother of the Redeemer Parish of Suba, a study of microgravimetry and electrical resistivity of the Parish church was carried out, which consisted in the acquisition, processing and interpretation of measurements of gravitational attraction and electrical resistivity to model the possible presence of cavities or voids in the subsoil on which the temple is built and determine the natural or artificial nature of the soil - subsoil and define its hydrogeological properties.

The Temple of the parish presented a considerable deterioration of the floors in its internal and external parts, with rising and cracking of tiles in the areas of the atrium and central nave, which according to the Parish, was caused by the earthquake that occurred on February 9 of 2013, registered as an event of magnitude 6.9 degrees, which was felt in the city of Bogotá and much of the center-south of the Andean zone.

The Parish proceeded to process the corresponding claim with its insurer, which considered that the facts claimed were not attributable to the earthquake of February 9, 2013, since the pathology of the damage did not correspond to the effects of such phenomenon, relating the damages with the natural clayey soils of the temple and the presence of cavities and humidity under it.

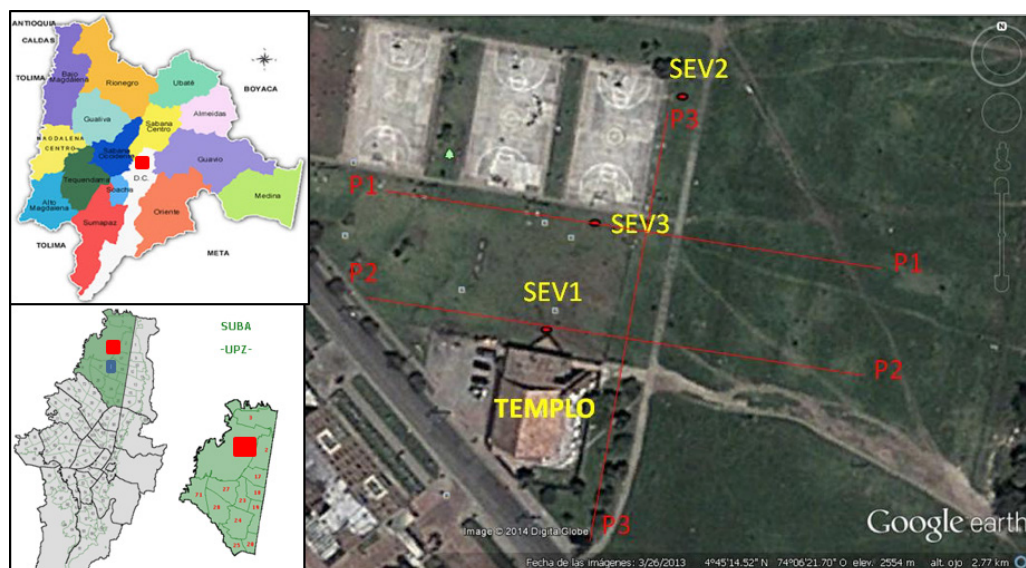
Therefore, this work has been carried out in order to contribute to the solution of these conflicting positions, providing information on the geophysical properties of the subsoil on which the temple is built to determine if there are voids or cavities that may be associated with deterioration of floors and walls of the temple by phenomena of subsidence or differential settlement of the structures, or if on the contrary, there are no such cavities, which would imply that the deterioration of floors and walls may have been caused by the referred seismic event and therefore both should continue with the process of claim to the insurance company also provides the models of electrical resistivity to determine whether the floors on which the temple is built are natural or are areas of artificial fill.

**Keywords:** *Microgravimetry, electrical resistivity, cavities, filling areas.*

## INTRODUCCIÓN

El área de estudio se ubica en el templo de la Parroquia Madre del Redentor de Suba, en el barrio Compartir, localidad de Suba, Bogotá, D.C., (**Figura 1**). Las mediciones de microgravimetría han sido realizadas

utilizando el manual de especificaciones técnicas para los estudios de gravimetría en Colombia, incluyendo pruebas de deriva instrumental, circuitos de medición de estaciones de referencia y circuitos cerrados de medidas de microgravimetría en las partes interna y externa del templo.



**Figura 1.** Mapa de localización del área de estudio en el barrio Compartir de Suba, Templo de la Parroquia Madre del Redentor de Suba, Bogotá, D. C., indicando la ubicación de estación base y estaciones gravimétricas de campo, presentados sobre la imagen Landsat de Google Earth, 2014.

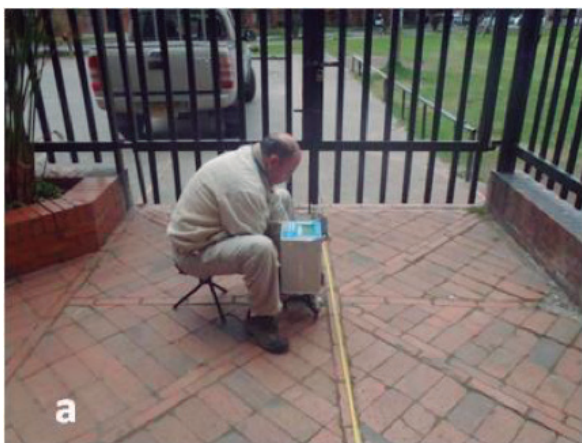
Se realizaron 323 estaciones de microgravimetría, las cuales fueron posicionadas mediante un equipo portátil de GPS marca GARMIN GPSmap 60CSx, una cinta métrica de 50m de longitud y los planos topográficos disponibles del templo. Las mediciones de resistividad eléctrica se realizaron en las zonas verdes aledañas al templo, mediante tres (3) Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) utilizando el arreglo tipo Schlumberger hasta AB/2 de 100m y tres perfiles de Tomografía eléctrica mediante el arreglo Wenner-Schlumberger con separación de a entre 4m y 5m, con perfiles de 100m de longitud, para modelar los primeros 30 m de profundidad.

El Templo de la parroquia se ubica dentro de la región en el sector occidental de Suba, en inmediaciones del humedal de la Conejera y cuenca del Rio Bogotá. Esta región corresponde a la parte plana de la sabana de Bogotá conformada por sedimentos no consolidados de edad Cuaternaria y zonas de rellenos artificial (INGEOMINAS, 2007). A nivel regional, incluye depósitos cuaternarios de Llanuras Aluviales (Qlla), Abanicos Aluviales (Qcal), Aluviones (Qal), Fluvioacústres (Qfl), de Pendientes (Qp). La geología local está conformada por zonas de rellenos artificiales (Qr), los cuales han sido realizados para urbanizar el área. Estos materiales por lo general presentan contrastes de densidad específica y resistividad eléctrica con respecto a los materiales arcillolítico infrayacentes.

## ESTUDIO DE MICROGRAVIMETRÍA

La adquisición de las 323 estaciones de gravimetría se realizó utilizando un gravímetro Scintrex CG5 de fabricación canadiense (Scintrex, 2015). La calidad de la adquisición de datos fue controlada mediante pruebas de deriva instrumental en la ciudad de Bogotá D.C. y mediante circuitos cerrados de medición utilizando la estación base de gravimetría de la Universidad Nacional de Colombia, ubicada en el observatorio astronómica del campus en la Ciudad Universitaria, Bogotá, D.C. para referir los datos de gravedad observada a la Red Gravimétrica Nacional.

A partir de los circuitos cerrados utilizando la base de campo trasladada al templo Madre del redentor de Suba, se calculó la precisión del cierre de circuitos de medición, en miligales y se asignaron los valores absolutos de gravedad observada a las mediciones relativas de gravedad instrumental de campo con los valores oficiales de la Red gravimétrica Nacional (IGAC, 1998, Tabla 1). A partir de los datos de coordenadas X y Y se elaboró el mapa de la ubicación de las estaciones de gravimetría con un total de 323 estaciones realizadas mediante perfiles perimetrales al templo (**Figura 2a**) y retículas o grillas de medida en los sectores del Atrio y Nave Central del templo (**Figura 2b**).



**Figura 2.** Adquisición de datos de microgravimetría mediante una grilla de 1m x 1m (a) en el atrio de la iglesia (b) en el interior del templo.

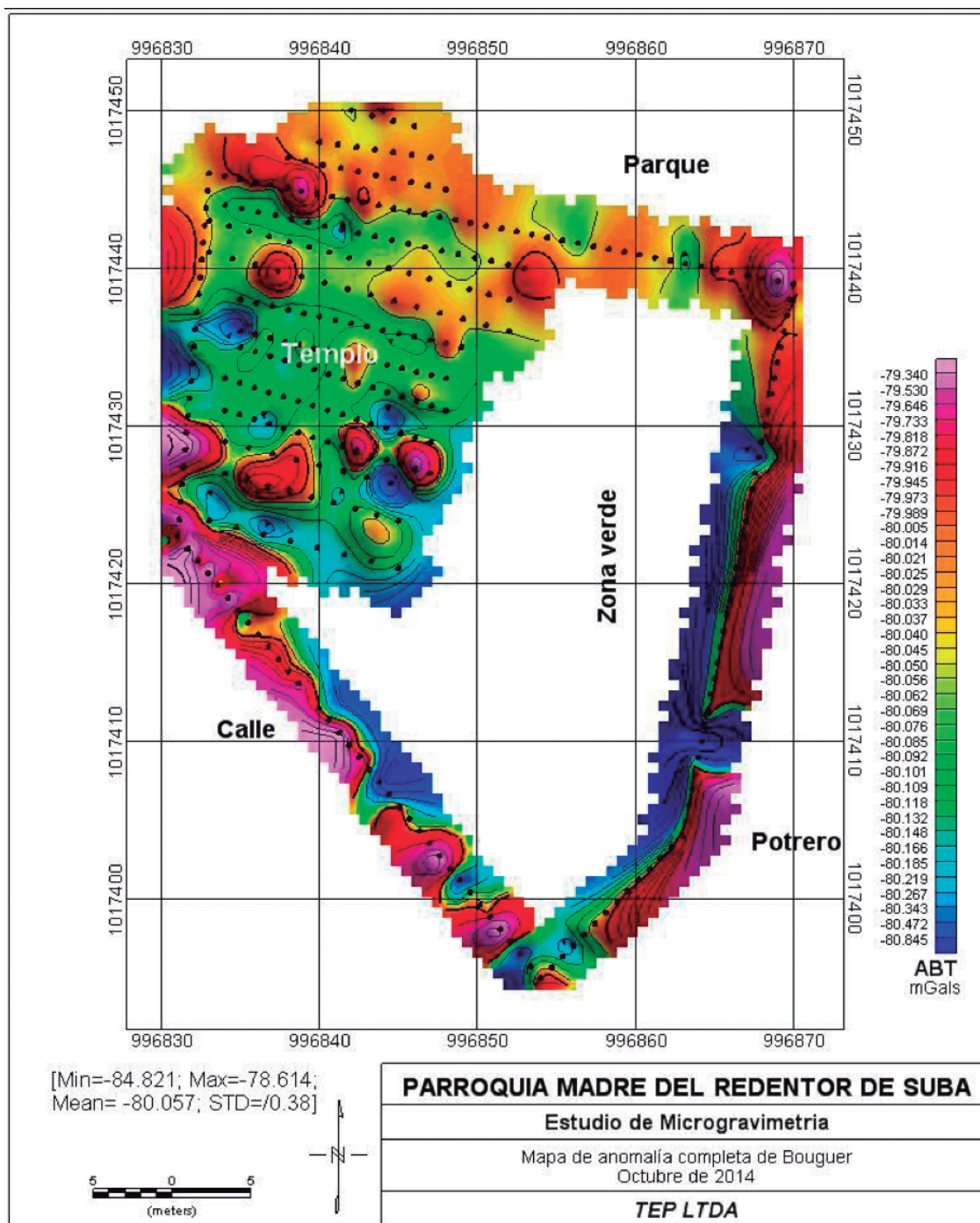
**Tabla 1.** Datos de coordenadas geográficas, altura sobre el nivel del mar y gravedad observada de las estaciones de referencia de la Universidad Nacional de Colombia y el Templo de Nuestra Señora del Redentor de Suba.

Estación	Latitud N	Longitud W	Altura m.s.n.m	Gravedad Observada
Observatorio Astronómico Universidad Nacional de Colombia	4 38' 23.12"	74 05' 00.04"	2559	977405.5
Base Templo Nuestra Señora del Redentor de Suba	10°26, 46N	75° 13.85 W	2555	977391.55

La reducción de datos de micro gravimetría consistió en la aplicación de correcciones a las medidas instrumentales de gravimetría para eliminar los efectos que afectan las lecturas relacionados con fenómenos astronómicos gravitacionales, deriva instrumental, entre otros. Estas variaciones gravimétricas no están asociadas a cambios laterales de la densidad de los materiales del subsuelo, por lo cual deben ser controladas y removidas. El procesamiento de datos fue implementado utilizando

las aplicaciones de mapeo temático del programa Geosoft Oasis Montaj (Geosoft, 2015) y las capacidades de generación de perfiles del programa GM-SYS 2D (Northwestern Geophysical Lab, 2015).

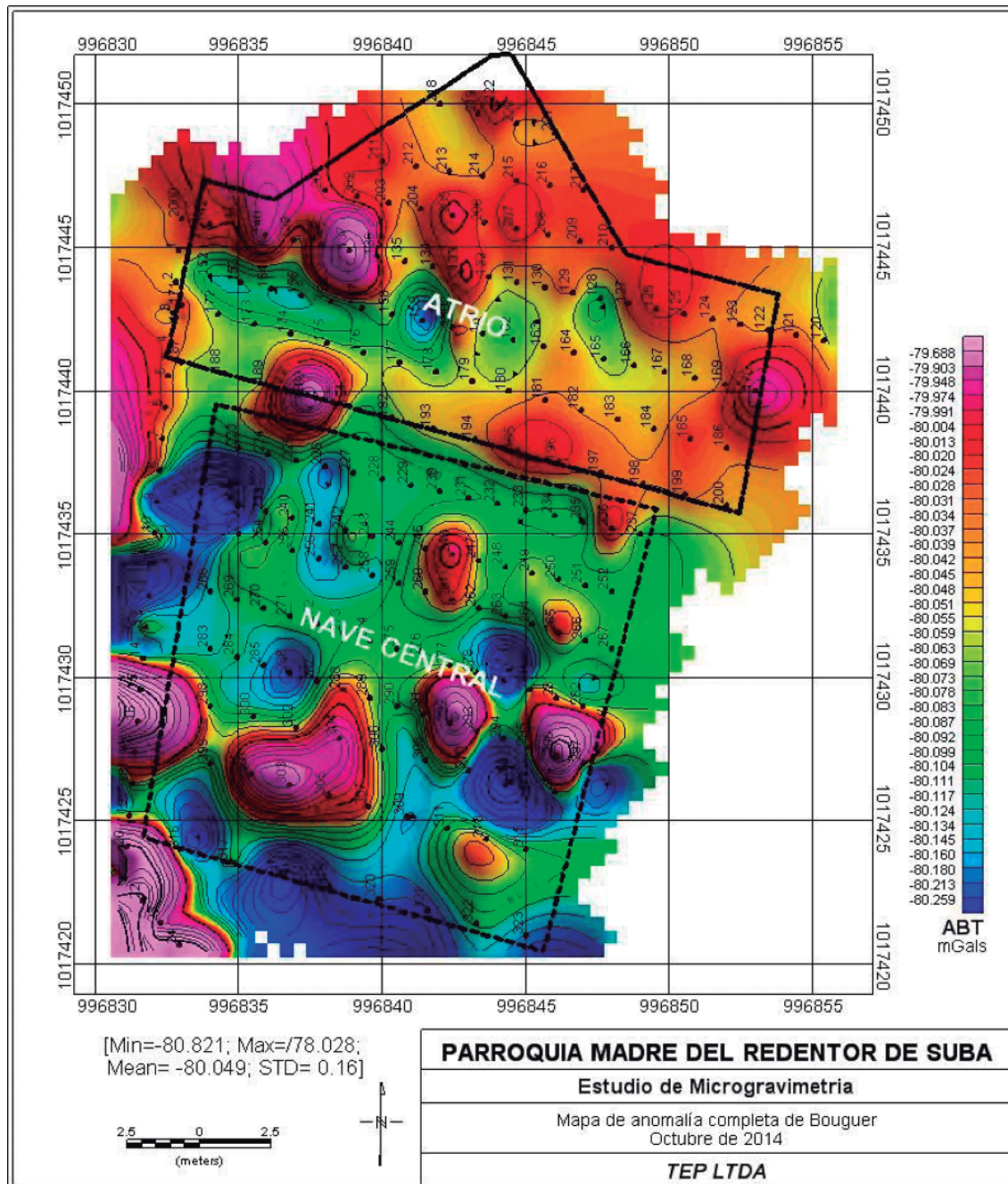
A partir de los datos corregidos de gravimetría se elaboró el mapa de anomalía de Bouguer (**Figura 3**) en el cual presenta valores entre -84.02 mGals y -78.614 mGals, con un valor promedio de -80.057 mGals y



**Figura 3.** Mapa de anomalía completa de Bouguer utilizando una densidad de reducción de 2.67 gr/cm<sup>3</sup>. Los tonos azul oscuro demarcan zonas de relativa menor densidad en el subsuelo del templo.

desviación estándar de 0.38 mGals. El rango de valores de Anomalia de Bouguer total es de 5.406 mGals. En este mapa se aprecia la homogeneidad en los valores de gravimetría del templo con respecto a las anomalías gravimétricas negativas de las zonas de vacío presentes en las alcantarillas. Hay leves variaciones de la densidad en el subsuelo, sin embargo, las anomalías negativas presentan un valor muy bajo comparativamente, por lo que se descarta que estén asociadas a la presencia de cavidades o agujeros en el subsuelo en los sitios que han presentado deterioro en los pisos del templo.

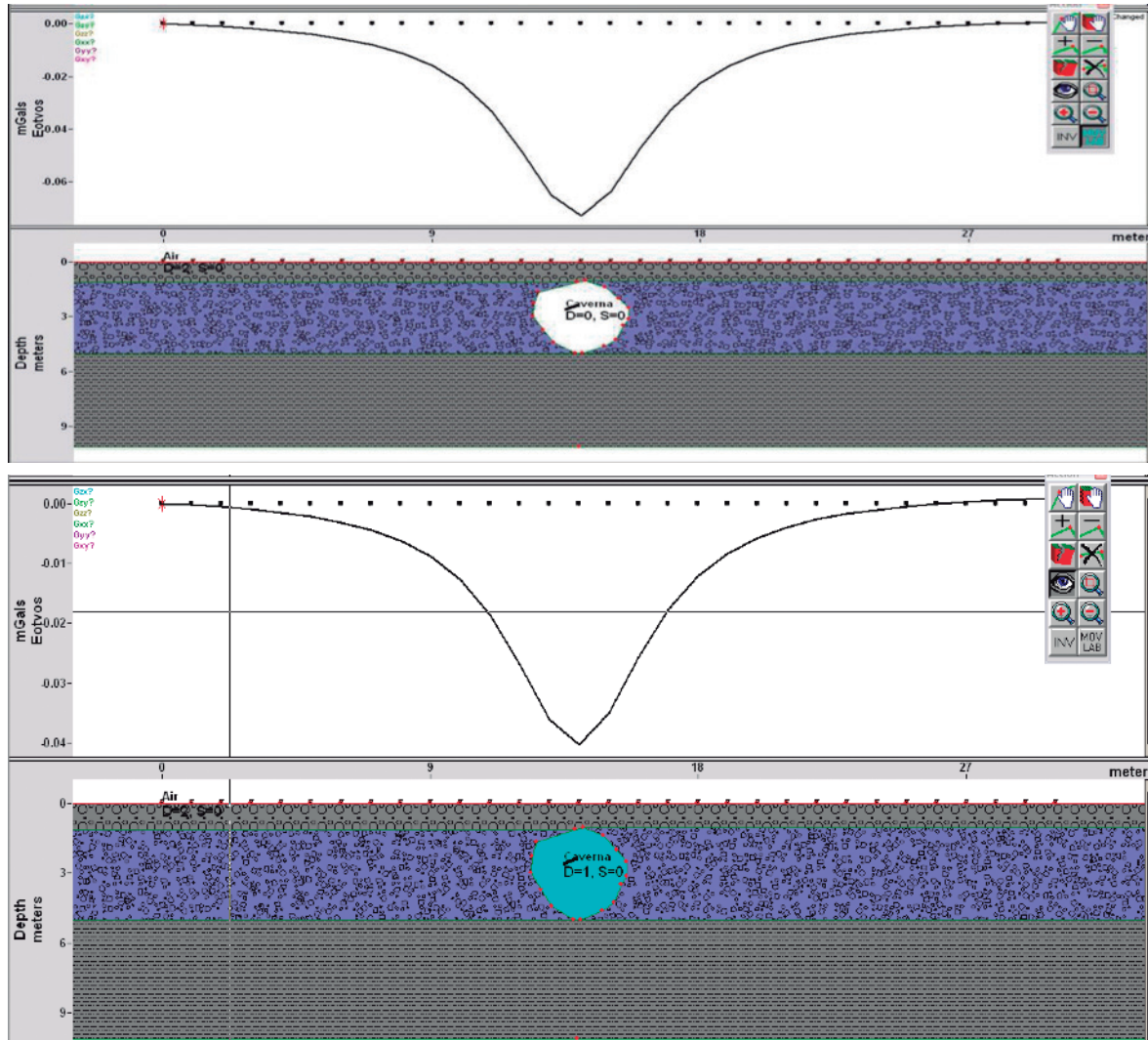
El mapa de anomalía de Bouguer de estos sectores de la iglesia presenta valores entre -80.821 mGals y -78.028 mGals, valor promedio de -80.049 mGals y desviación estándar de 0.16 mGals (**Figura 4**). El rango de valores de Anomalia de Bouguer total es de 2.793 mGals. En este mapa se muestran contrastes muy leves de densidad en el subsuelo asociados a la heterogeneidad del material del relleno. Sin embargo, las anomalías negativas presentan un valor muy bajo comparado, por lo que se descarta la presencia de cavidades o agujeros en el subsuelo.



**Figura 4.** Mapa de anomalía completa de Bouguer del Atrio y Nave Central del Templo en donde se denota una alternancia de anomalías positivas y negativas locales mostrando la heterogeneidad de los materiales del subsuelo.

Para apoyar la interpretación de resultados se elaboraron modelos directos de la respuesta gravimétrica de una cavidad o caverna localizada dentro de los primeros 5m del subsuelo de material inconsolidado de  $2.0 \text{ gm/cm}^3$  y con un diámetro de 4m y rellena de aire ( $0.0 \text{ gm/cm}^3$ ; **Figura 5a**) y rellena de agua ( $1.0 \text{ gm/cm}^3$ ; **Figura 5b**) a

lo largo de un perfil de 30m de longitud, con distancia entre estaciones de 1m y una cobertura sedimentaria superior de 1m de espesor. La anomalía negativa obtenida tiene una depresión con máxima amplitud de  $-0.08 \text{ mGals}$  en cavernas con aire y de  $-0.04 \text{ mGals}$  en cavernas rellenas de agua.



**Figura 5.** Moldeamiento directo de una cavidad dentro de un material de relleno cuaternario, con aire (gráfico superior) y saturada de agua (parte inferior). Claramente, se generan anomalías gravimétricas negativas asociadas a la cavidad.

Con base en los resultados del modelamiento directo de cavidades es posible establecer que las principales anomalías negativas que se han detectado en el estudio corresponden a la respuesta de las alcantarillas ubicadas en la parte oriental del templo, a lo largo del camino peatonal que comunica con el parque. Estas anomalías presentan una diferencia superior a  $-6.0 \text{ mGals}$ . Una segunda anomalía negativa se ubica en vecindades de un desagüe de la vía al sur del templo.

Las anomalías negativas detectadas en los sectores del atrio y nave central del templo corresponden a

inhomogeneidades locales de densidad del subsuelo y a la diferencia de rigidez del piso, ocasionando leves valores negativos en los sitios de medición sobre baldosas sueltas lo que aumentó la vibración del equipo de medida. Sin embargo, en ningún caso, estas anomalías negativas, de muy baja amplitud y con valores menores a  $0.04 \text{ mGals}$  infieren la presencia de vacíos o cavidades rellenas de agua en el subsuelo. Integrando los resultados de las anomalías gravimétricas del área perimetral e interna del templo es posible apreciar la diferencia significativa entre anomalías gravimétricas negativas asociadas a cavidades (alcantarillas) y anomalías gravimétricas

negativas de menor intensidad y amplitud asociadas a inhomogeneidades en la densidad específica de los materiales del subsuelo. Por lo tanto, en el análisis del deterioro de los pisos y paredes del templo no es posible asociar estas afectaciones a la presencia de cavidades en el subsuelo, ya que las anomalías de micro gravimetría no soportan esta explicación.

### ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

El método de resistividad eléctrica está basado en el estudio de las variaciones en el subsuelo de la propiedad que poseen los diferentes tipos de materiales, artificiales o naturales de oponerse al flujo de la corriente eléctrica en presencia de un campo eléctrico. A través de los contrastes de los valores obtenidos de resistividad es posible diferenciar capas geoelectricas permeables como arenas y areniscas e impermeables como arcillas y arcillolitas (Keary and Brooks, 1991; Lowrie, 2007; Telford *et al.*, 1990). Los métodos de exploración geofísica se aplican con el fin de obtener información indirecta y rápida del subsuelo, lo cual también se puede conseguir mediante perforaciones a un costo más elevado, es así, que la prospección geoelectrica permite reducir y recomendar el número y ubicación de pozos exploratorios e inferir los espesores de los materiales del subsuelo de interés hidrogeológico. Para efectuar

Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), el arreglo más utilizado es el de tipo Schlumberger, el cual consiste de un arreglo de cuatro electrodos (A, B, M y N). Al efecto, se utilizó una fuente externa para generar corriente que se introduce al subsuelo a través de los electrodos (A y B). Esta corriente produce un campo de potenciales que se miden entre los otros dos electrodos (M y N). La profundidad investigada está relacionada con la distancia de los electrodos de corriente (AB/2). La lectura de corriente (*I*) y de la diferencia de potenciales (*v*), junto con un factor geométrico (*K*) que depende de las distancias del arreglo, permiten calcular los valores de resistividad aparente (*a*) de los materiales del subsuelo, , donde:

$$R = \frac{v}{I} \text{ (Ohm-m)}$$

$$K = \frac{(AB)^2 - (MN)^2}{4MN}$$

$$a = KR \text{ (Ohm-m)}$$

En la adquisición de datos de resistividad tanto los SEV 1 a SEV 3, se utilizó el equipo digitales de resistividad eléctrica Syscal Júnior, de fabricación francesa, (**Tabla 2; Figura 6**), el arreglo de electrodos para el SEV fue de tipo Schlumberger con abertura de electrodos de corriente entre 1.5 y 100 m de AB/2. Los Sondeos eléctricos verticales se realizaron en tres localidades al Noreste del templo



**Figura 6.** Adquisición de datos de resistividad eléctrica en las zonas verdes contiguas al templo mediante Sondeos Eléctricos Verticales y tomografía eléctricas mediante el arreglo Wenner - Schlumberger (a) vista hacia el Oeste (b) vista hacia el Este.

**Tabla 2.** Ubicación de los centros de medición de los tres Sondeos Eléctricos Verticales con respecto al origen (1'000.000, 1'000.000) del Observatorio Nacional de Bogotá.

No de SEV	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)	Altura (m)	Rumbo
1	996884	1017445	2570	N70E
2	996875	1017506	2572	N15E
3	996854	1017473	2571	N27E

Para efectuar la tomografía eléctrica se utilizó el arreglo Wenner – Schlumberger utilizando distancias de  $a=4\text{m}$  (perfil 1) y  $a=5\text{m}$  (perfiles 2 y 3) y obteniendo mediciones con seis separaciones de  $AB/2= 6\text{m}, 10\text{m}, 14\text{m}, 18\text{m}, 22\text{m}$  y  $26\text{m}$  (perfil 1) y  $AB/2= 7.5\text{m}, 12.5\text{m}, 17.5\text{m}, 22.5\text{m}, 27.5\text{m}, 32.5$  (perfiles 2 y 3), obteniendo

una penetración promedio de  $15\text{m}$  de profundidad en una extensión entre  $80\text{m}$  (perfil 1) y  $100\text{m}$  (perfiles 2 y 3). Los perfiles de tomografía eléctrica se realizaron en las zonas verdes al norte y oriente del templo, con longitudes entre  $80\text{m}$  y  $100\text{m}$  y penetración en los primeros  $30\text{m}$  (**Tabla 3; Figura 6**).

**Tabla 3.** Ubicación de los centros de medición y extremos de las tomografías eléctricas con respecto al origen ( $1'000.000, 1'000.000$ ) del Observatorio Nacional de Bogotá.

Tomografía	Centro		Extremo W / S		Longitud (m)	Rumbo
	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)		
T1	996847	1017471	996808	1017484	80	N70E
T2	996844	1017451	996797	1017468	100	N70E
T3	996864	1017443	996850	1017369	100	N27E

El procesamiento de datos se llevó a cabo con la ayuda del programa IPI2WIN de la Universidad Estatal de Moscú, Rusia, el cual está basado en la metodología de “aproximaciones sucesivas”. Esta metodología consiste en la comparación de curvas de campo con curvas sintéticas generadas a partir de modelos hipotéticos. Comparación se realiza hasta cuando las curvas de campo y las sintéticas alcanzan un ajuste predeterminado de bajo error, menor a  $5\%$ . El procesamiento de datos de tomografía eléctrica consistió en determinar pseudo secciones de la resistividad aparente medida, resistividad aparente calculada y el modelamiento inverso en profundidad de los datos de resistividad. Posteriormente, se realizó el cálculo de la resistividad en profundidad con corrección topográfica y mayor número de iteraciones de ajuste de los datos medidos y calculados.

La interpretación geológica de los SEV 1 a SEV 3 ha sido basada en las curvas de resistividad eléctrica, puntos de inflexión y valores de resistividad eléctrica asignados a suelos, sedimentos de relleno no consolidados y sedimentos no consolidados de depósitos aluviales (**Tabla 4; Figura 7**). En el SEV 1 se han modelado cinco capas en los primeros  $100\text{m}$  de profundidad, siendo las capas 1 y 2 asociadas a materiales de relleno artificial, ubicadas en los primeros  $4.24\text{m}$  de profundidad. Las capas 3 a 5 corresponden a depósitos aluviales de arcillas y limos (**Figura 7a**). En el SEV 2 se han modelado cinco capas en los primeros  $100\text{m}$  de profundidad, siendo las capas 1 y 2 asociadas a materiales de relleno artificial, ubicadas en los primeros  $3.63\text{m}$  de profundidad. Las capas 3 a 5 corresponden a depósitos aluviales de arcillas y limos (**Figura 7b**). En

el SEV 3 se han modelado cinco capas en los primeros  $100\text{m}$  de profundidad, siendo las capas 1 y 2 asociadas a materiales de relleno artificial, ubicadas en los primeros  $3.67\text{m}$  de profundidad. Las capas 3 a 5 corresponden a depósitos aluviales de arcillas y limos (**Figura 7c**).

El perfil 1 de tomografía eléctrica muestra una distribución lateral y vertical muy irregular de valores de resistividad, con valores entre  $4.64\text{ ohm-m}$  a  $200\text{ ohm-m}$ , relacionado con materiales de relleno de composición de gravas, arenas y limos y con un decrecimiento del tamaño de grano en profundidad hacia limos y arcillas (**Figura 8**). Esta sección confirma los resultados obtenidos en los SEV 1 a SEV 3 relacionados con el material de relleno artificial que se ha superpuesto a depósitos arcillosos de depósitos aluviales naturales que predominan en los primeros  $10\text{m}$  de profundidad. El perfil 2 de tomografía eléctrica muestra una distribución lateral y vertical muy irregular de valores de resistividad, con valores entre  $5.22\text{ ohm-m}$  a  $173\text{ ohm-m}$ , relacionado con materiales de relleno de composición de gravas, arenas y limos y con un decrecimiento del tamaño de grano en profundidad hacia limos y arcillas (**Figura 9**). Esta sección confirma los resultados obtenidos en los SEV 1 a SEV 3 relacionados con el material de relleno artificial que se ha superpuesto a depósitos arcillosos de depósitos aluviales naturales que predominan en los primeros  $5\text{m}$  de profundidad. El perfil 3 de tomografía eléctrica muestra una distribución lateral y vertical más regular de resistividad, entre  $8.73\text{ ohm-m}$  a  $98\text{ ohm-m}$ , relacionado con materiales de relleno de composición de gravas, arenas y limos en los primeros  $5\text{m}$  de profundidad y limos y arcillas a mayor profundidad (**Figura 10**).



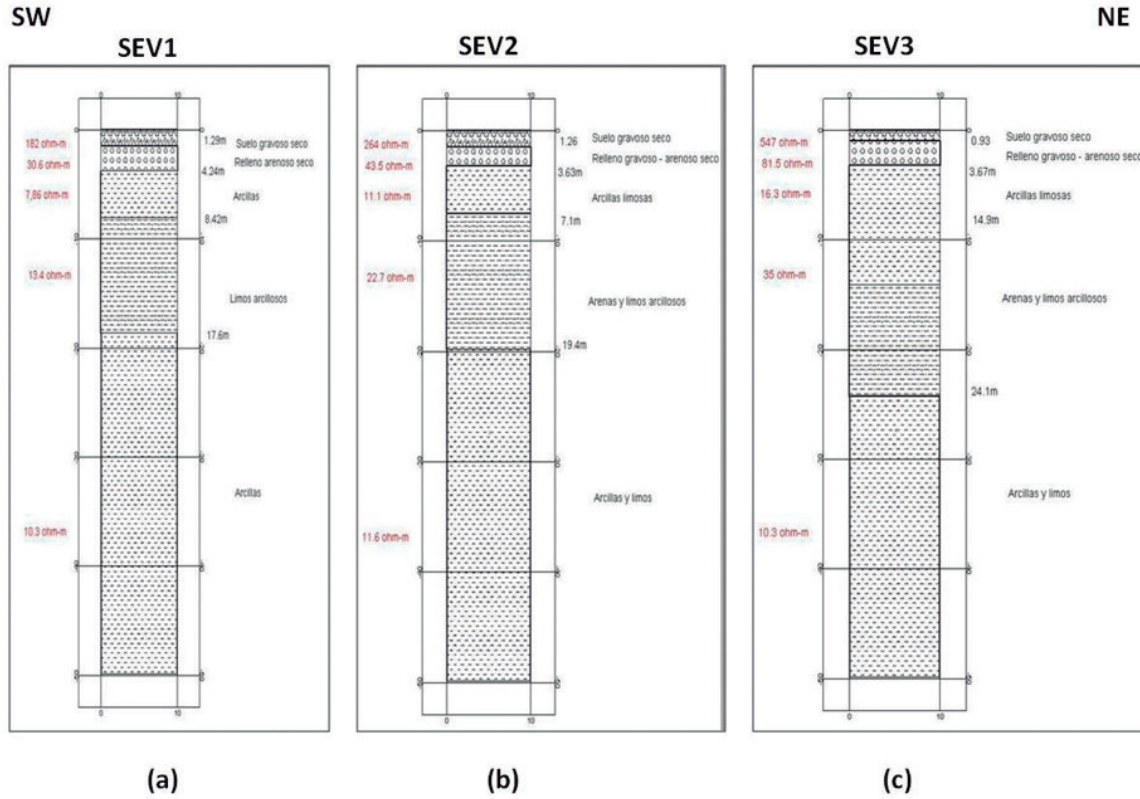


Figura 7. Interpretación geológica de los Sondeos eléctricos Verticales SEV1, SEV2 y SEV3 mostrando zonas de relleno en la parte superior y un dominio de material arcilloso hacia la parte inferior.

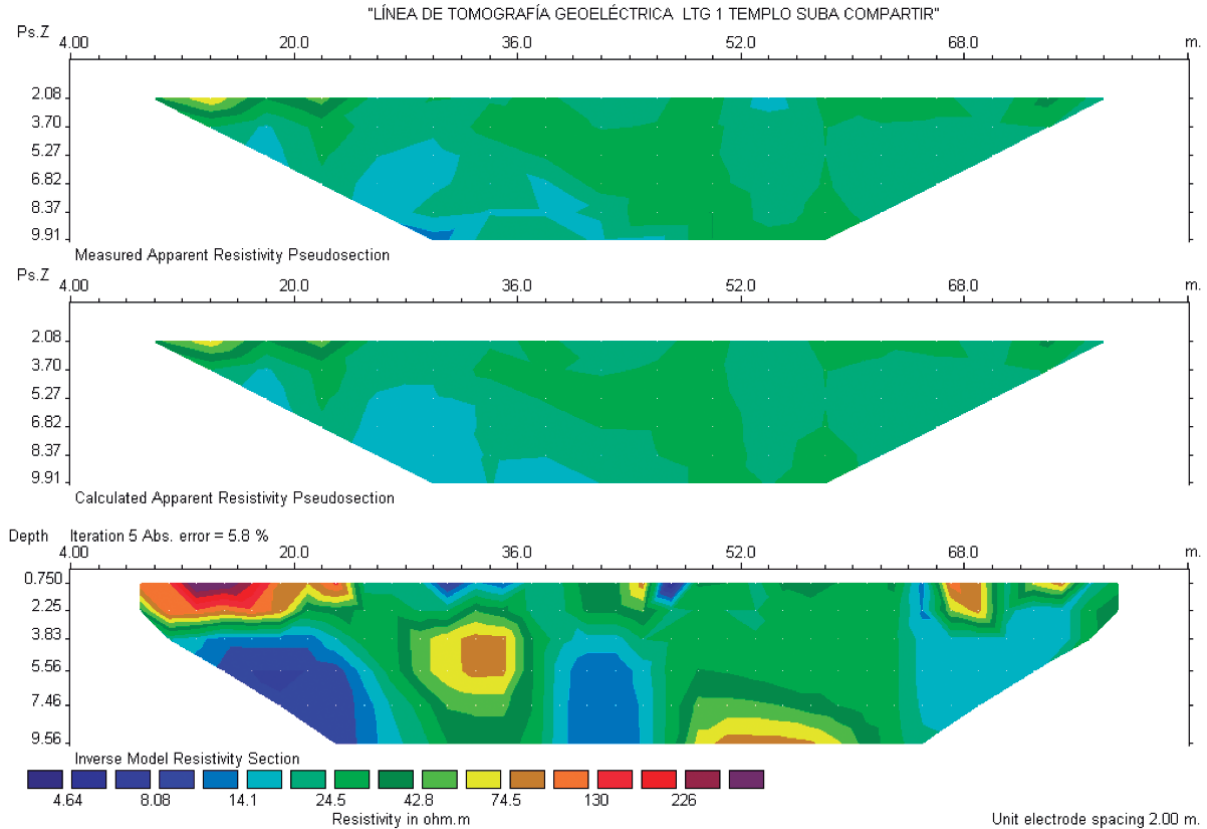
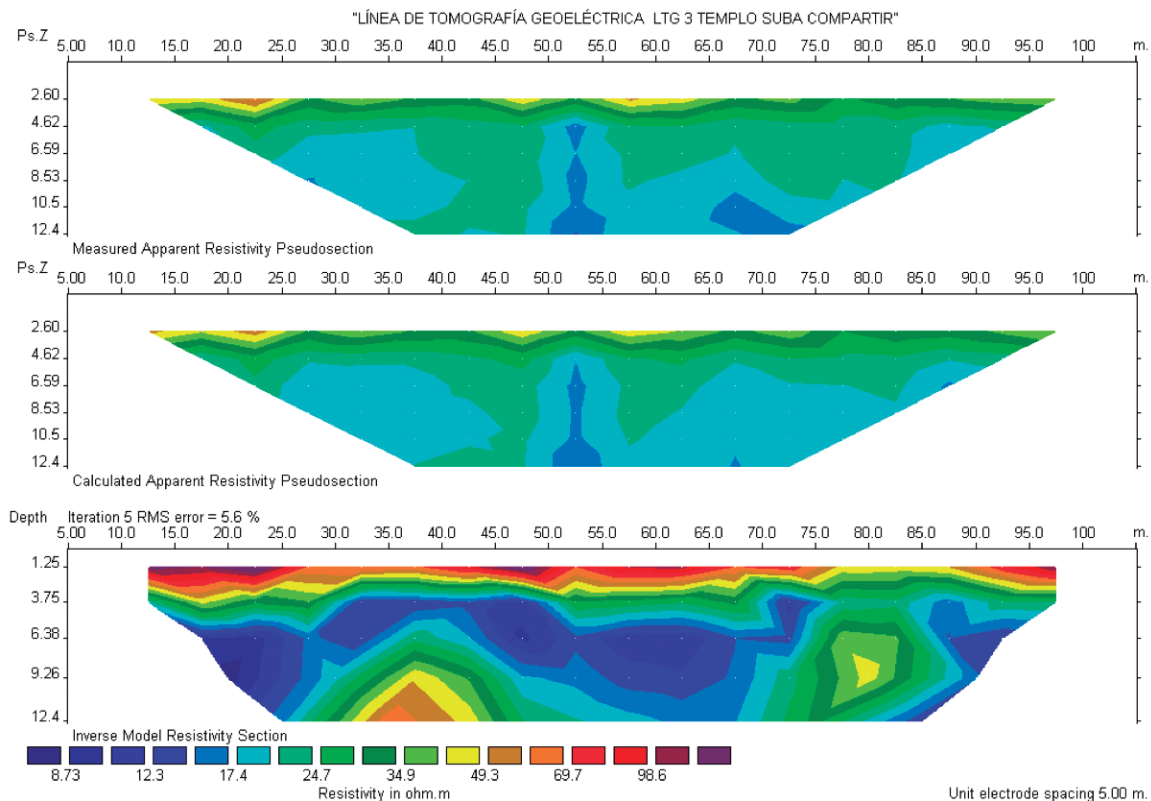
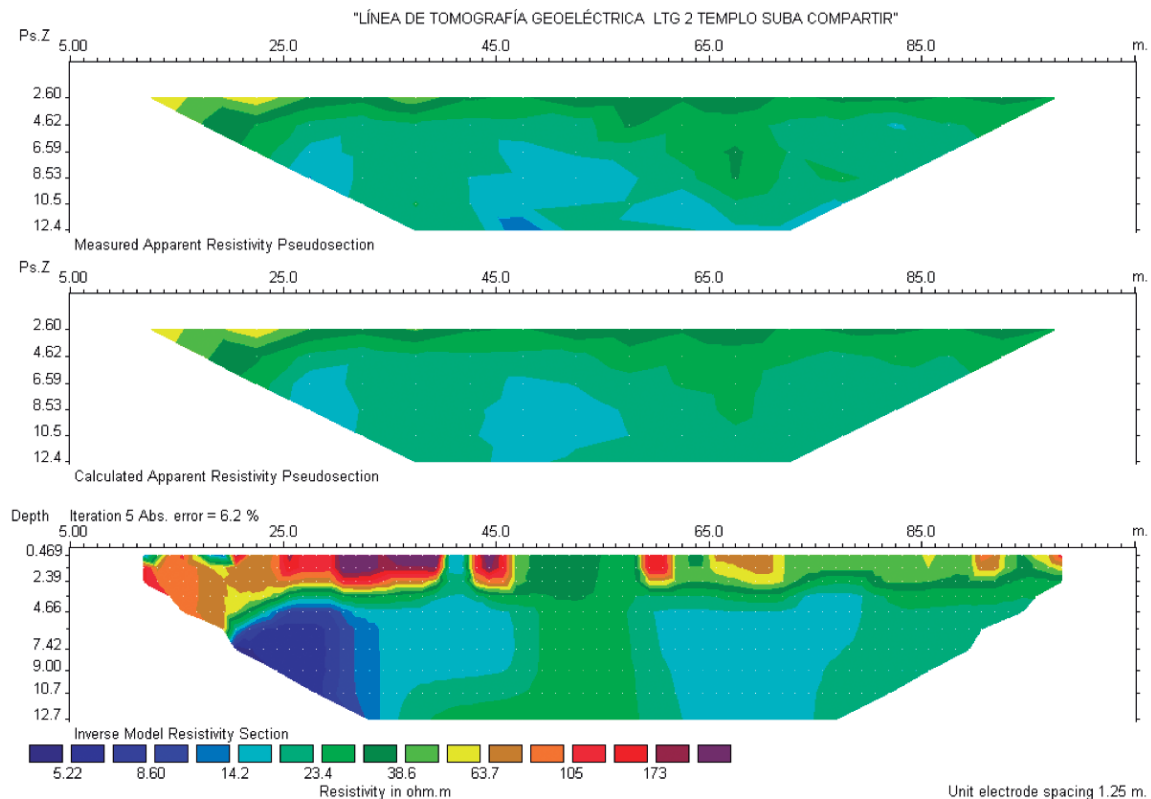


Figura 8. Tomografía eléctrica de la línea LTG1 ,arreglo Wenner - Schlumberger con un espaciamento de 2m mostrado un relleno heterogéneo resistivo en la parte superior y un material predominantemente arcillolitico hacia la parte inferior.



**Figura 9.** Tomografía eléctrica de la línea LTG2 ,arreglo Wenner - Schlumberger con un espaciamento de 1.25m mostrado las mismas tendencias de relleno heterogéneo resistivo en la parte superior y un material predominantemente arcillolítico hacia la parte inferior, descritas en la tomografía LTG1.



**Figura 10.** Tomografía eléctrica de la línea LTG3 ,arreglo Wenner - Schlumberger con un espaciamento de 5m mostrado las mismas tendencias de relleno heterogéneo resistivo en la parte superior y un material predominantemente arcillolítico hacia la parte inferior, descritas en las tomografías LTG1 y LTG2.

**Tabla 4.** Interpretación y correlación hidrogeológica cualitativa de los 3 SEV. En esta interpretación se han correlacionado las capas más superficiales con depósitos de rellenos artificiales sobrepuestos a material arcillolítico y limolítico de depósitos aluviales del Río Bogotá y relleno arcillolítico del humedal de la Conejera.

No SEV	No Capa	Resist. (Ohm-m)	Esp. (m)	Prof. (m)	Unidad Geológ	Correlación hidrogeológica cualitativa
1	1	182	1.29	1.29	Qr	Suelo arenoso – relleno artificial Limos y arenas- relleno artificial arcillas limos arcillosos arcillas
	2	30.6	2.94	4.24	Qr	
	3	7.86	4.19	8.42	Qal	
	4	13.4	9.21	17.6	Qal	
	5	10.3	-	-	Qal	
2	1	262	1.26	1.26	Qr	Suelos arenosos- relleno artificial Arenas – relleno artificial Arcillas Arenas y limos Arcillas
	2	43.5	2.37	3.63	Qr	
	3	11.1	3.48	7.1	Qal	
	4	22.7	12.3	19.4	Qal	
	5	11.6	-	-	Qal	
3	1	547	0.93	0.93	Qr	Suelo gravoso y arenoso seco Gravas y arenas – zona de relleno Limos y arcillas Arenas Arcillas
	2	81.5	2.74	3.67	Qr	
	3	16.3	11.2	14.9	Qal	
	4	35	9.15	24.1	Qal	
	5	10.3	-	-	Qal	

## CONCLUSIONES

Con base en los resultados del estudio de micro gravimetría realizado en el área perimetral y en los sectores del atrio y nave central del Templo de la Parroquia Madre del Redentor de Suba se ha determinado que el templo no presenta cavidades en su subsuelo rellenas de aire o de agua que puedan estar asociadas al deterioro de los pisos. Las anomalías negativas de micro gravimetría en la parte perimetral del templo están asociadas a los sistemas de alcantarillado y desagüe, los cuales también son visibles superficialmente. Las anomalías gravimétricas negativas del atrio y nave central del templo están asociadas a inhomogeneidades en la densidad específica del material de relleno.

Por lo tanto, es poco probable que se pueda asociar el deterioro de pisos y paredes de la nave central y atrio del templo a problemas de infiltración, humedad o subsidencia ante la ausencia de cavidades. Es más probable, que ante la naturaleza de un material de relleno artificial, poco consolidado y con variaciones locales en su densidad específica se haya comportado de manera elástica ante el fenómeno de difracción de ondas sísmicas primarias y secundarias asociadas al evento sísmico, contrastando con el comportamiento rígido que generó la ruptura y levantamiento de los pisos del templo.

Con base en los resultados de la interpretación de los tres sondeos eléctricos verticales (SEV 1 a SEV 3) y las tres tomografías eléctricas (P1 a P3) realizados en las zonas verdes colindantes con el Templo de la Parroquia

Madre del redentor de Suba se ha determinado que el templo está construido sobre un material de relleno artificial muy heterogéneo, conformado por suelos arenosos, gravosos y limosos, con un espesor promedio de 4m de espesor, que superpone un material arcilloso y limoso asociado a depósitos aluviales del Río Bogotá.

El material de relleno artificial es un depósito de material inconsolidado con características hidrogeológicas de material poroso y permeable, lo que permite la infiltración de aguas lluvia hasta su interfase con el material arcilloso, el cual se constituye como barrera para el flujo a mayor profundidad de las aguas infiltradas. El flujo de aguas infiltradas presenta como nivel base el cauce del río Bogotá y Zonas de espejo de agua del Humedal de la Conejera. A nivel de superficie no se observaron evidencias de inundación de las zonas verdes, lo que infiere sus buenas condiciones de drenado hacia otros sectores fuera de la zona del templo.

Por lo tanto, es poco probable que se pueda asociar el deterioro de pisos y paredes de la Nave central y atrio del templo a problemas de infiltración, humedad o subsidencia. Es más probable, que ante la naturaleza de un material de relleno artificial, poco consolidado y heterogéneo, se hayan podido generar el fenómeno de difracción de ondas sísmicas primarias y secundarias asociadas al evento sísmico, con diferentes velocidades de propagación sísmica e interfaces de zonas de velocidad que pudieron ocasionar un comportamiento elástico que contrastó con la naturaleza rígida de los pisos y paredes y por lo tanto produjo su afectación.

## RECOMENDACIONES

Se considera que los resultados obtenidos en los estudios de tomografía eléctrica y micro gravimetría son suficientes para apoyar la reclamación presentada por la Parroquia Madre del Redentor de Suba. Se recomienda a la parroquia Madre del Redentor de Suba socializar este estudio con la compañía aseguradora para que con base en los datos e interpretaciones aquí presentadas pueda analizar esta nueva información, técnicamente soportada, elaborada con la exigencia y rigidez científica.

## BIBLIOGRAFÍA

**GEOSOFT**, 2014. Oasis Montaj [www.geosoft.com](http://www.geosoft.com)

**GOOGLE INC**, 2014. Google earth Image digital Global Image Landsat.

**INGEOMINAS**. 2005. Geología de la Sabana de Bogotá, informe técnico Subdirección de geología básica, Bogotá, Colombia. Págs. 104.

**INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, IGAC**, 1998. Gravimetría

**KEAREY, P & BROOKS, M**. 1991. An Introduction to Geophysical Exploration, Second Edition. Editorial Oxford, London.

**LOWRIE, W**. 2007. Fundamentals of Geophysics, Second Edition, Cambridge University Press, New York, USA.

**TELFORD, W.M. GELDART, L.P., SHERIFF. R.E.** 1990. Applied Geophysics, Second Edition, Cambridge University Press, USA.

**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MOSCÚ**, 2003. IP2WIN Versión 3.1 Resistivity Sounding Interpretation, Moscú, Rusia.