

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/333488927>

# Chacana–Jamanca Geothermal Prospect: Complementary gravity survey Proyecto Geotérmico Chacana–Jamanca: Gravimetría Complementaria

Conference Paper · January 2018

CITATIONS

0

READS

60

4 authors, including:



Danilo Asimbaya

3 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Byron Pilicita

University of Iceland

1 PUBLICATION 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Matilde Urquiza

CELEC EP

1 PUBLICATION 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Chacana - Jamanca [View project](#)

## Chacana-Jamanco Geothermal Prospect: Complementary gravity survey

## Prospecto Geotérmico Chacana-Jamanco: Gravimetría Complementaria

D. Asimbaya<sup>1</sup> M. Sugioka<sup>2</sup> B. Pilicita<sup>1</sup> M. Urquizo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Corporación Eléctrica del Ecuador – Unidad de Negocios Termopichincha, Pichincha, Ecuador

E-mail: danilo.asimbaya@celec.gob.ec

E-mail: byron.pilicita@celec.gob.ec

E-mail: matilde.urquizo@celec.gob.ec

<sup>2</sup>Agencia de Cooperación Internacional del Japón – JICA

E-mail: sugioka.manabu@friends.jica.go.jp

### Abstract

The Chacana-Jamanco Geothermal prospect is located to 42 km at eastern of Quito in the western side of Andes Eastern Cordillera, above 3300 m.a.s.l. It is part of the resurgent silicic Chacana caldera with some hot springs and hydrothermal deposits. Some possible reservoir temperatures were estimated in the previous studies up to 180°C.

Here, we present the result of complementary gravity survey conducted in 2017 in addition to that in 2011 to improve geological structures analysis associated with hot springs. The gravity survey was conducted in April 2017 with a CG-5 gravimeter and two differential GPS for more accurate positioning of each measurement point. 71 points of relative gravity were obtained and integrated with the previous ones; one negative anomaly in the Jamanco area is recognized and clear eastern border is found in the anomaly implying one possible deep fault related to the Tumiguina fault. Although any clear anomaly is not detected related with Tambo fault neither structural link to the hot springs, the target area is well restricted and some other different approach like gradient drilling is recommended.

**Index terms:** Geothermal prospect, Ecuador, Chacana-Jamanco, gravity survey.

### Resumen

El prospecto Geotérmico Chacana-Jamanco está ubicado a 42 km al oriente de Quito al occidente de la Cordillera Oriental de los Andes, sobre los 3300 m.s.n.m. Forma parte de la caldera resurgente silícica de Chacana con múltiples vertientes termales y depósitos hidrotermales. Estudios previos indican posibles temperaturas en reservorio de hasta 180°C.

Presentamos un estudio de gravimetría complementaria, realizada en 2017, adicional a la campaña de 2011 con el objeto de mejorar el análisis de estructuras geológicas asociadas a vertientes termales. La campaña de campo se realizó en el mes de abril de 2017 con un gravímetro CG-5 y dos GPS diferenciales para mayor precisión en el posicionamiento de cada sitio de medición. Se obtuvieron 71 puntos de gravedad relativa y producto de la integración con los datos previos, se identificó una anomalía negativa en el área de Jamanco y un claro límite oriental en dicha anomalía que implicaría la presencia de una posible falla profunda relacionada con la falla Tumiguina. Aunque el análisis no ratificó la presencia de la falla Tambo y una estructura vinculada con las vertientes termales, el área para perforación se restringió y se recomendó un enfoque diferente como la perforación de pozos de gradiente.

**Palabras clave:** Prospecto geotérmico, Ecuador, Chacana – Jamanco, estudio de gravimetría.

Recibido: 30-01-2018, Aprobado tras revisión: Fecha colocada por el Consejo Editorial

Asimbaya, D.; Sugioka, M.; Pilicita, B.; Urquizo, M. (2017). "Prospecto Geotérmico Chacana-Jamanco: Gravimetría Complementaria". El número de página lo colocará el Consejo Editorial.



## 1. INTRODUCCIÓN

Los El prospecto geotérmico Chacana-Jamanco se encuentra a 60 km al este de la ciudad de Quito en la provincia de Napo. Por la zona atraviesan líneas de alto voltaje, la mayor de 500 kV, en funcionamiento desde el 2016. La topografía en el área es principalmente montañosa con elevaciones que fluctúan entre los 3100 a 4100 m.s.n.m con temperatura y pluviometría promedio anual de 8°C y 1528 mm, respectivamente; el acceso a la zona es a través de vías de primer orden (Figura 1a).

El prospecto se implanta al occidente de la cordillera real de los Andes, en la mitad sur de la caldera silfíca resurgente de Chacana, que ha mostrado una actividad volcánica permanente desde hace 2.5 Ma hasta la más reciente en 1760 DC [1], Figura 1b.

Múltiples vertientes termales además de zonas con depósitos y alteración hidrotermal, propiciaron a que la Corporación Eléctrica del Ecuador, CELEC EP, realizara estudios de prefactibilidad inicial en 2011 para el prospecto geotérmico Chacana-Jamanco.

Los resultados de los estudios geocientíficos de superficie (geología, geoquímica y geofísica) muestran 3 estructuras geológicas principales (Fallas Tambo, Jamanco y Tumiguina) y una anomalía relacionada a una capa sello en el área de Jamanco (Figura 1c), la cual albergaría un sistema geotérmico con temperaturas estimadas en reservorio de 180°C [2].

Sin embargo de los estudios gravimétricos realizados en 2011 no existe mayor detalle, en el área marcada de interés por Magneto-telúrica, que permita respaldar la existencia de estas estructuras geológicas, su relación con las vertientes termales y su continuidad en profundidad.

A continuación se presenta los resultados de un estudio complementario de gravimetría, con el principal objetivo de confirmar estructuras geológicas en las inmediaciones a la anomalía de Magneto-telúrica detectada en los estudios previos, su relación con el sistema geotérmico del prospecto Jamanco, y además restringir el área de enfoque para los estudios futuros.

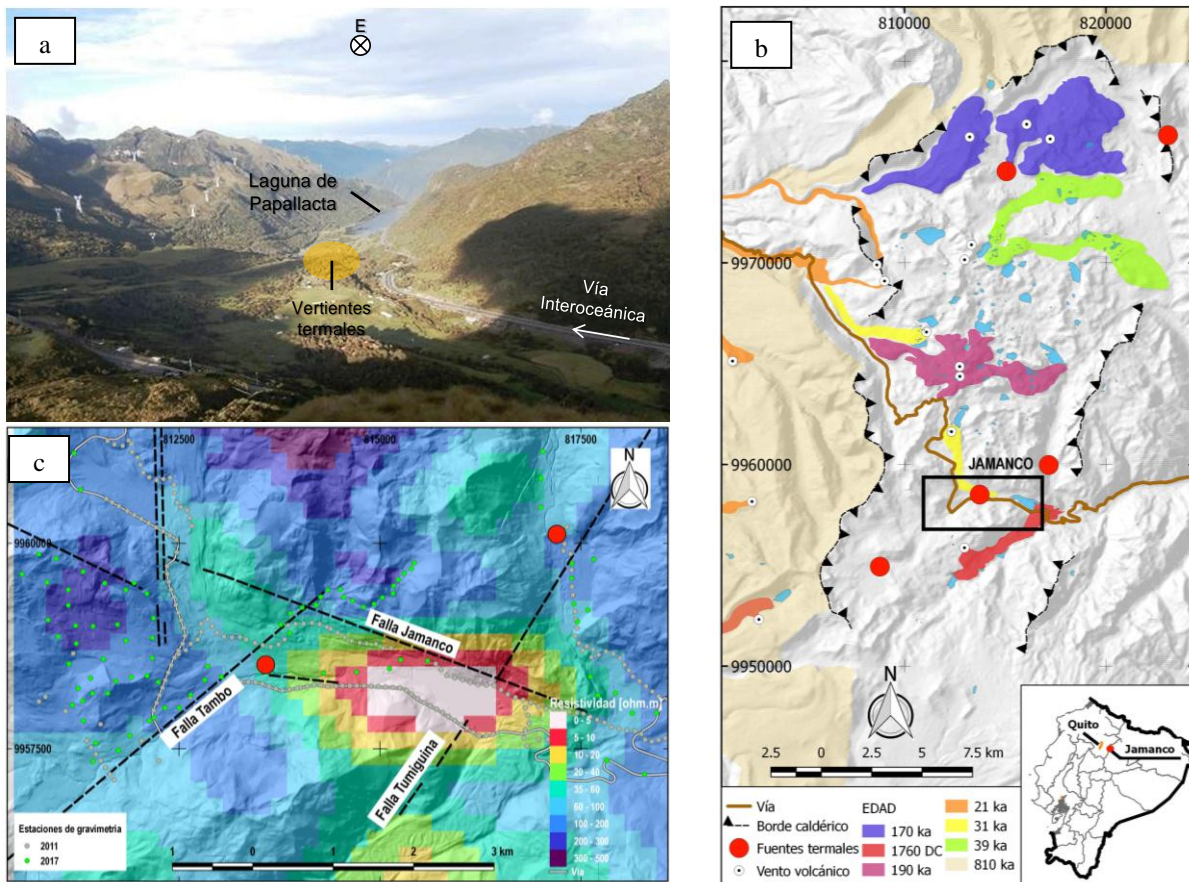


Figura 1: (a) Vista panorámica del área de Jamanco. (b) Actividad volcánica principal en la caldera de Chacana. Modificado de CELEC/SYR 2012. (c) Ubicación de los puntos de gravimetría en las inmediaciones a la anomalía detectada por Magneto-telúrica (a 2890 m.s.n.m) y fallas geológicas principales en el área de Jamanco; en círculo rojo las zonas con vertientes termales.

## 2. METODOLOGÍA

La campaña de gravimetría se realizó en el mes de abril de 2017 con un gravímetro CG5-Autograv y dos GPS's diferenciales (base – móvil) para el posicionamiento exacto de cada punto de medición.

Las estaciones de gravedad en el área de Jamanco fueron ubicados estratégicamente con la ayuda de imágenes satelitales y ortofotografías, esta última proporcionadas por el SigTierras. La ubicación de los puntos se realizó considerando (Figura 1c):

- Ubicación de los puntos de medición de la campaña de 2011.
- Estructuras geológicas estimadas en el estudio previo.
- Resultados de la campaña de Magneto-telúrica.
- Ubicación de las aguas termales.
- Accesibilidad y vegetación.

Considerando el objeto del estudio los puntos de medición fueron separados aproximadamente cada 250 m, disminuyendo el espaciado en zonas de interés. Para la integración de los datos se replicaron puntos de la campaña de 2011.

El procesamiento convencional de datos para obtener la Anomalia de Bouguer se realizó conforme lo describe LaFehr 1991 & Hinze et al. 2005 [3], [4], usando SRTM's del área. Posteriormente se realizó la corrección de distorsión topográfica conforme Xia & Sprowl 1991 [5]. La determinación de la densidad del área se la realizó en base a lo expuesto por Parasnis 1952 [6].

## 3. RESULTADOS

De la campaña de campo realizada en el área de interés se obtuvieron 71 nuevos puntos de medición y con la integración de datos, sumaron un total de 310 puntos de gravimetría.

La densidad calculada para el área fue de  $2,20 \text{ g/cm}^3$  y una vez obtenida la anomalía de Bouguer se minimizó la influencia de topografía local en la gravedad, para obtener la anomalía de Bouguer real, Figura 2.

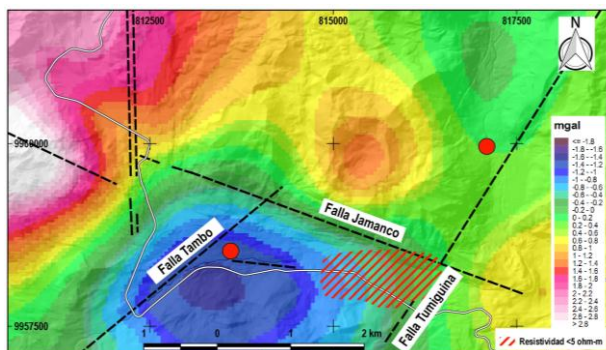


Figura 2: Anomalia de Bouguer Real (Rojo gravedad alta, verde moderada y azul baja). En círculo rojo las zonas con vertientes termales.

Los resultados evidenciaron 3 zonas con alta anomalía y una de baja, en las inmediaciones al área de Jamanco.

Los valores de la anomalía de Bouguer Real se analizaron correlacionándolo con la componente topográfica de la anomalía de Bouguer; esto permitió observar un comportamiento de los datos de gravedad obtenidos en función de la densidad o de la anomalía que generaría, como se aprecia en la Figura 3.

Los valores se clasificaron cuantitativamente y se identificaron 6 grupos:

- Grupos 1 y 2: Densidad mayor a  $2,2 \text{ g/cm}^3$ . Probablemente relacionadas con rocas volcánicas.
- Grupos 3, 4 y 6: Densidad aproximadamente igual a  $2,2 \text{ g/cm}^3$ .
- Grupo 5: Zona de Transición. Relacionado a una zona de falla.

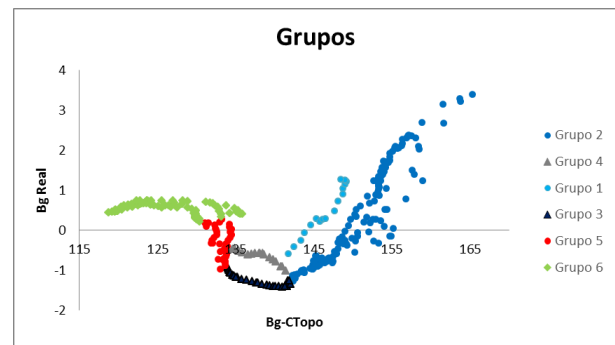


Figura 3: Clasificación de los datos en función de la anomalía de Bouguer Real y la topografía

En la figura 4 se puede observar la distribución de los grupos clasificados en el área de estudio, la ubicación de los puntos que contienen el grupo 5, relacionado a una zona de transición o zona de falla, coincidió con la extensión de la Falla Tumiguina, corroborando su presencia e indicando una probable continuidad en profundidad.

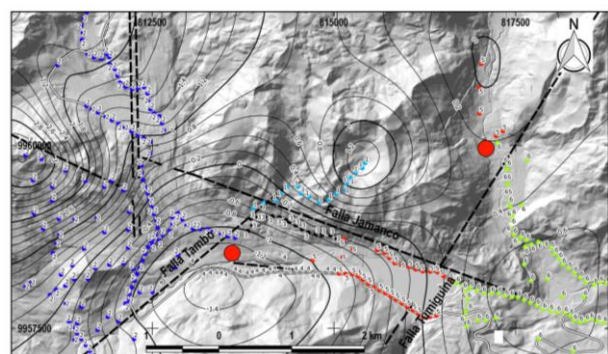


Figura 4. Mapa de distribución de las estaciones de gravedad en función de la densidad calculada.

## 4. DISCUSIÓN

El estudio corrobora que los grupos 1 y 2 corresponden a la serie de domos andesíticos a dacíticos

del Pleistoceno temprano, mapeados en el estudio del 2011 [2]; así como la presencia de la falla geológica Tumiguina que conforme este estudio se encuentra levemente hacia el oeste de la marcada en estudios anteriores (Figura 5).

#### 4.1. Fallas geológicas y vertientes termales

No se encontró evidencia que justifique un bloque levantado, hacia el sureste de la laguna de Papallacta como lo evidenció los resultados de gravedad previos [2]. El contraste de los valores de gravedad obtenidos en este estudio, separados por la falla Tumiguina, indican un movimiento probablemente de origen normal con una influencia muy profunda y con el bloque oriental levantado.

Las Fallas geológicas Tambo y Jamanco, no evidenciaron un contraste en los valores de gravedad, por lo que su naturaleza no puede ser de tipo normal o inversa; así como no se evidencia una relación directa con la emanación de las fuentes termales en la zona. Sin embargo las evidencias en superficie asociadas a la existencia de estas fallas [7], [8], puede indicar un movimiento principalmente transcurrente.

Una distribución de la gravedad, restringido a la zona donde emergen las vertientes termales, indican una probable estructura de dirección aproximadamente E – O, que atravesaría la zona en donde vierten las termas de Jamanco.

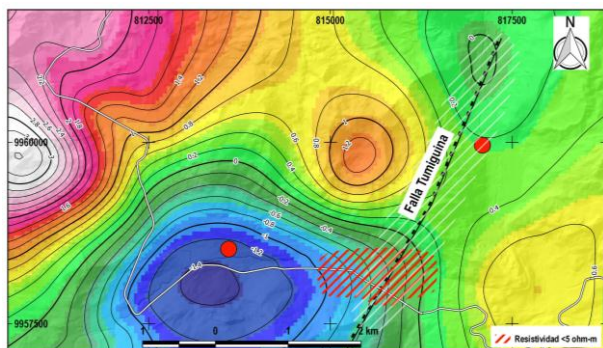


Figura 5: Extensión de la falla Tumiguina detectada en este estudio.

La incidencia profunda de esta falla, detectada en este estudio, además de las evidencias geológicas detectadas en estudios previos [9], [10] y su gran extensión podría marcar el borde estructural de la caldera de Chacana en su parte centro sur-oriental, como lo proponen estudios anteriores [2], [8], [10].

#### 4.2. Relación con Magneto-telúrica

En la falla Tumiguina, de tipo normal, debido a su naturaleza se puede esperar una buena permeabilidad, por lo que la falla serviría como vía principal para el ascenso de fluidos geotermales, corroborado por la anomalía de baja resistividad detectada por Magneto-Telúrica, ubicada en la extensión SO de la falla.

La baja anomalía de gravedad, representada por zonas de densidad aproximadamente igual  $2,20 \text{ g/cm}^3$ , corresponderían a productos volcánicos del relleno de la caldera, con menor densidad que los cuerpos volcánicos aledaños.

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio de gravedad presentado, complementa los resultados geocientíficos obtenidos en 2011, incrementando el factor de éxito para el desarrollo de un proyecto geotérmico en el prospecto Jamanco.

El modelo conceptual que proponemos resalta a la falla Tumiguina como una estructura geológica con buena permeabilidad, que podría albergar un reservorio geotérmico justo por debajo de la zona de baja resistividad. La extensión de esta falla en dirección NE y la emanación de vertientes termales en las cercanías a esta falla, en el poblado de Papallacta, representarían la salida lateral (outflow) hacia el NE del sistema geotérmico, Figura 6.

A pesar que los estudios de 2011 muestran a las vertientes termales en Jamanco como una salida lateral desde el reservorio hacia el oeste [2], este estudio no encontró una relación estructural con las vertientes que permita afirmar lo mencionado; futuros estudios permitirán inferir si las vertientes en Jamanco tienen alguna conexión con una estructura de dirección E-O.

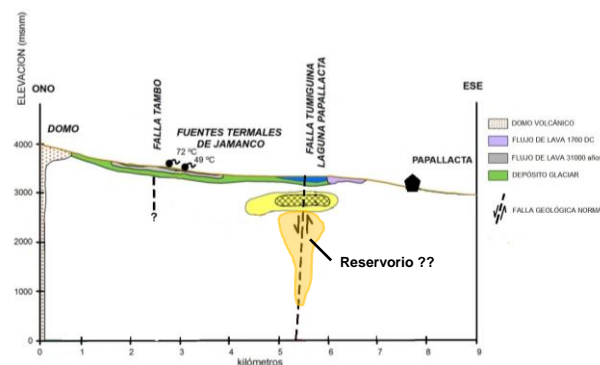


Figura 6: Modelo Geotérmico propuesto, modificado de CELEC/SYR 2012.

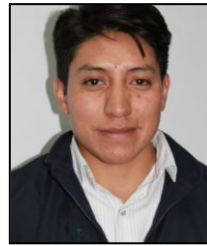
Debido a la cercanía de líneas de alto voltaje en el sector de Jamanco se dificulta obtener resultados confiables en cuanto a métodos electromagnéticos como Magneto-Telúrica; por lo que es recomendable realizar perforaciones poco profundas para evaluar el prospecto geotérmico.

### AGRADECIMIENTOS

De manera especial a todos quienes conforman la Subgerencia de Proyectos de Generación No Convencionales de la Unidad de Negocios CELEC EP – Termopichincha, su gerente y a los pobladores del área de estudio que apoyan el desarrollo de la geotermia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. L. Hall and P. A. Mothes, "The Chacana caldera complex in Ecuador," IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 3. p. 12004, 2008.
- [2] CELEC/SYR, "Estudio de Prefactibilidad Inicial para Elaborar el Modelo Geotérmico Conceptual del Proyecto Chacana," Inf. Técnico No Publ. Prep. por SYR, p. 183, 2012.
- [3] T. R. LaFehr, "An exact solution for the gravity curvature (Bullard B) correction," Geophysics, vol. 56, no. 8, pp. 1179–1184, 1991.
- [4] W. J. Hinze, C. Aiken, J. Brozena, B. Coakley, and D. Dater, "New standards for reducing gravity data: The North American gravity database," Geophysics, vol. 70, no. 4, pp. J25–J32, 2005.
- [5] J. Xia and D. . Sprowl, "Correction distortion in gravity data," Geophysics, vol. 56, no. 4, pp. 537–541, 1991.
- [6] D. S. Parasnis, "A study rock densities in the English Midlands," Geophys. Suppl. to Mon. Not. R. Astron. Soc., vol. 6, no. 5, pp. 252–271, 1952.
- [7] H. Yepes and P. Ramon, "Proyecto Ríos Orientales - Estudio Preliminar del peligro sísmico," Informe Técnico No Publicado preparado para UEPRO de EMAAP-Q. p. 46 pp, 2000.
- [8] B. Pilicita, "Estudio de fuentes termales, fallas geológicas, descarga de calor en la caldera de Chacana y el aprovechamiento actual del recurso Geotérmico," 2013.
- [9] M. L. Hall, P. Mothes, and J. Cotten, "El Complejo caldérico de Chacana - Ecuador," Instituto Geofísico - EPN. Quito - Ecuador, 2008.
- [10] F. Villares, "Estudio Geovolcanológico de la zona sur de la caldera Chacana, Provincias de Napo – Pichincha," 2010.



**Danilo Asimbaya Amaguaña.-** Nació en Tambillo, Ecuador en 1987. Recibió su título de Ingeniero Geólogo de la Universidad Central del Ecuador en 2013; Diplomado de especialización en Geotermia de la Universidad de El Salvador, El Salvador 2014. Sus campos de investigación están relacionados con la exploración geológica y geofísica hacia la búsqueda de recursos geotérmicos.



**Manabu SUGIOKA.-** Nació en Tokyo, Japón. Recibió su título de Master en geofísica de la Universidad de Tokyo, Japón en 2003. Sus campos de actividades están relacionados con desarrollo de los proyectos geotérmicos, en la etapa de estudio geocientífico, gestión de financiamiento, hasta el desarrollo de recursos.



**Byron Pilicita Masabanda.-** Nació en Quito, Ecuador en 1984. Recibió su título de Ingeniero Geólogo en la Escuela Politécnica Nacional en 2013; realizó el diplomado en la Universidad de las Naciones Unidas en el programa de entrenamiento Geología en Geotermia. Sus campos de investigación están relacionados con la exploración geológica en prospectos geotérmicos e integración de datos geo-científicos para elaboración de modelos conceptuales de sistemas geotérmicos.



**Matilde Urquizo Cabrera.-** Nació en Guayaquil en 1979. Recibió su título de Ingeniera en Electricidad especialización Potencia en la Escuela Superior Politécnica del Litoral en 2008 y de Master Europeo en Energías Renovables en la Universidad de Zaragoza en 2011. Realizó su diplomado en Especialización de Geotermia en la Universidad de El Salvador en el 2013 y actualmente se encuentra liderando el área de geotermia en CELEC EP, para llevar adelante estudios de proyectos geotérmicos en Ecuador.