

GEOTER-01

LOS VOLCANES Y LA GEOTERMIA EN MESOAMERICA

Mario Cesar Suarez Arriaga
Comision Federal de Electricidad

Una imponente serie de aparatos volcánicos recientes, el Cinturón Volcánico Mexicano, conforma la parte central donde se desarrollaron las culturas de Mesoamérica, tierra eminentemente volcánica: temblores, aguas termales, fumarolas, lodos hirvientes, vapores, erupciones. La energía de la tierra fue cosa cotidiana para los remotos americanos. Esta región fue un lugar particularmente rico en manifestaciones geotérmicas activas durante miles de años. La roca volcánica se constituyó desde un principio en el fundamento material de la evolución cultural del hombre prehistórico y fue, con el devenir de los siglos, una base de la civilización mesoamericana. Los utensilios y armas de remotas épocas fueron manufacturados con rocas de origen volcánico: sílex, obsidiana, pedernal y basalto. Los baños termales, la cocción de alimentos hervidos al vapor de fumarolas o en rocas naturalmente calientes, irrigación de jardines y aplicaciones terapéuticas, fueron algunos de los usos iniciales del calor natural en Mesoamérica. Las culturas mesoamericanas crearon de manera independiente y absolutamente original arte, hidráulica, arquitectura, matemáticas, medicina y astronomía. Desarrollaron el concepto del cero, un sistema numérico posicional y supieron realizar cálculos astronómicos con una precisión asombrosa. Se sabe hoy en día, que el arte, la sabiduría y el conocimiento pre-científico fueron una realidad cotidiana en Mesoamérica. Menos conocida es, sin embargo, la cosmogonía o concepción general que nuestros ancestros tuvieron del mundo. El contexto donde se originan sus creencias y conocimientos tiene lugar dentro de una Cosmología muy peculiar surgida, al menos parcialmente, de continuas experiencias con volcanes. El intenso contacto hombre-geotermia en esta zona geográfica influyó profundamente en el desarrollo material y cosmogonía mesoamericanos. Por ejemplo, hubo actitud de devoción hacia los volcanes, considerados sagrados y tomados como objetos de culto. El dios del fuego terrestre en todas las culturas mesoamericanas, fue el más antiguo y considerado padre de los demás dioses. Esto indica que las interpretaciones mítico-religiosas de fenómenos geotérmicos, ocurrieron muy temprano, reflejando un profundo respeto por el fuego y el calor terrestre en sus diversas formas. La geotermia tuvo interpretación preponderantemente religiosa y una relación ética dual: benéfica/maléfica, constructora/destructora. ¿Cuáles habrán sido los posibles usos, las interpretaciones cosmogónicas, su influencia sobre los asentamientos humanos y las interrelaciones existentes entre aquellos antepasados nuestros y la geotermia? Tal es el objetivo de este estudio que se ha extendido recientemente a otras culturas en distintas partes del mundo.

GEOTER-02

MODELO GEOFISICO DE TEMPERATURAS DEL AREA SURESTE DEL GOLFO DE MEXICO

Flores Ruiz J.H., Medina Ovando A, Martínez Angeles R,
Luna Rojero E y Pérez Rosales C.
Instituto Mexicano del Petróleo

En la búsqueda de recursos energéticos del subsuelo, son de interés geofísico ciertas irregularidades y estructuras (cuerpo fuente) bajo la superficie terrestre. Más aún estos cuerpos fuente

generan anisotropía horizontal y vertical en la densidad, magnetismo, flujo de calor,...etc, que a su vez producen anomalías medibles del campo gravitacional, magnético y térmico de la tierra.

Específicamente la interpretación geofísica utiliza el método inverso de teoría de potencial, para determinar la profundidad del cuerpo fuente de calor, utilizando continuación analítica del campo térmico hacia arriba.

El área en estudio que aquí presentamos se localiza en la Plataforma Continental del Golfo de México, frente a las costas del Estado de Tabasco, con diferentes tirantes de agua de promedio de 35 m, y aproximadamente a 40 km de la línea de costa.

Se tiene 90 datos registrados de temperatura en un área de 14 km de ancho por 15 km de longitud en dirección Norte. La zona sur del cuadrángulo tiene una temperatura máxima de 120°C a la profundidad de 3.5 km y la zona norte es de 85°C a 1 km de profundidad, existiendo un gradiente térmico horizontal en la dirección (N-S) de 2.33°C/km y un gradiente vertical de 14°C/km a partir de la profundidad de 1 km.

Posteriormente se estimó, de los datos de temperatura por medio de variogramas, la máxima correlación espacial de 1 km en las cuatro direcciones ortogonales (E-W, N-S, NE-SW y NW-SE), modelando el sitio con esta unidad de malla.

Luego se realizó continuación analítica del campo de temperaturas con unidad de malla de 1 km, estimando la profundidad del cuerpo fuente de calor que produce la anomalía de temperatura a 7 unidades de malla que equivale a 7 km de profundidad donde ya se llega a la temperatura mínima de 100°C.

Estos estudios tienen gran interés en el caracterización de patrones convectivos (generados por los gradientes geotérmicos in situ) en los fluidos de los Yacimientos localizados en la zona, los cuales tienen una enorme importancia económica en nuestro país.

GEOTER-03

MODELO GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DEL SISTEMA GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS, PUEBLA

Fidel Cedillo Rodriguez
Residencia Los Humeros, Gerencia de Proyectos
Geotermoelectricos, CFE

Con la paleogeografía del Jurásico-Cretácico y 40 columnas litológicas de pozos geotérmicos con profundidades promedio de 2 200 m, presentamos el "MODELO GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DEL SISTEMA GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS, PUEBLA".

El modelo propuesto tiene como finalidad demostrar que los sistemas de "fallas ocultas", otorgan mayor fracturamiento, para el almacenamiento y transmisibilidad de fluidos, contenidos en los yacimientos geotérmicos. El superior, inmerso en andesitas de augita, el inferior alojado en andesitas de hornblenda y basaltos; ambos separados por la Toba vítrea Humeros, la ignimbrita Xáltipan actúa como "capa sello", la base de los yacimientos son las calizas metamorfizadas del Cretácico superior que presentan desniveles de hasta 2 000 m.

La aceptación de las hipótesis del modelo, es la aprobación de:

- Propuesta de reparar pozos geotérmicos con perforación direccional controlada para interceptar las "fallas ocultas".

- Perforación de 40 pozos localizados a lo largo y paralelos a los sistemas de "fallas ocultas".

GEOTER-04

GAS GEOCHEMISTRY OF THE LOS HUMEROS GEOTHERMAL FIELD, MÉXICO

Rosa María Barragán¹, Víctor Manuel Arellano¹, David Nieva, Enrique Portugal¹, Alfonso García¹, Alfonso Aragón¹, Rigoberto Tovar² and Ignacio Torres³

¹ Instituto de Investigaciones Eléctricas

² Comisión Federal de Electricidad

³ Centro de Investigación en Energía, UNAM

Gas data of the Los Humeros geothermal field were analyzed. A new method which is based on equilibrium of the Fischer-Tropsch reaction and on the combined pyrite-hematite and pyrite-magnetite reactions was used. Reservoir temperature and reservoir excess steam were estimated for the initial state of the field by using early data taken from producing wells at controlled conditions. The same parameters were also obtained for the present stage by using 1997 gas data. Reservoir temperatures ranged from 275 to 337°C and positive values for reservoir excess steam fractions were obtained for the starting stage. For well H-1 no excess steam was found since this well was fed by the shallower liquid-dominated reservoir. Results for 1997 showed lower scattering compared to earlier data and the possible occurrence of a heating process in the shallower stratum which could be due to exploitation.

GEOTER-05

ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS, PUE

Cecilia D. Lorenzo Pulido

Residencia Los Humeros, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos

En Diciembre de 1997 empezó a funcionar la Red Sísmica del Campo Geotérmico de Los Humeros, Pue.; consta de seis estaciones de campo tipo digital (Altus K2), sensores de velocidad de tres componentes tipo Ranger SS-1 omnidireccionales, y período corto. Cuenta además, con una estación repetidora y una estación central de registro y la transmisión de información es vía telemetría inalámbrica digital. Se encuentra operando en forma ininterrumpida hasta la fecha.

La Red Sísmica de Los Humeros, fue instalada con el objeto de estudiar la actividad sísmica dentro del campo y la probable relación que ésta guarde en torno a la explotación de los pozos de extracción del fluido geotérmico y/o la inyección de agua geotérmica al yacimiento, y a la actividad geológica estructural relacionada con el movimiento de fallas.

GEOTER-06

ELEMENTOS DE TIERRAS RARAS (REE) EN FLUIDOS DE LA ZONA GEOTÉRMICA DE LA CALDERA DE ACOCULCO, PUEBLA, MÉXICO

Vicente Torres Rodríguez¹, Andrea Bolongaro-Crevenna Recaséns² and Peter Birkle¹

¹ U. de Geotermia, IIE

² Academia Nacional de Investigación y Desarrollo, A.C.
E-mail: geoide@prodigy.net.mx

Se realizaron determinaciones sistemáticas de REE mediante la técnica de análisis instrumental por activación de neutrones (INNA) en muestras de fluidos termales y no termales del interior y el exterior la zona geotérmica de la caldera de Acoculco, Puebla. El límite de detección fue de partes por trillón.

La caldera de Acoculco se localiza al SW de Zacatlán, Puebla. Forma parte del sistema de calderas que se aloja en el borde norte del Cinturón Volcánico Transmexicano y guarda analogía con la Caldera de Los Humeros, de la cual dista 80 km. Un pozo exploratorio de 2000 m de profundidad obtuvo temperaturas de 278°C.

Los patrones de distribución de REE en la región mostraron un comportamiento generalmente coherente, siendo mayor su abundancia en las aguas con mayor efecto hidrotermal. Este comportamiento fue bastante obvio para las REE de menor número atómico (39 a 64), mientras que en las más pesadas (65 a 71) disminuyó ligeramente su concentración en aguas termales.

Todas las concentraciones mayores de REE se alojaron al interior de la caldera, y se alinearon en una franja con rumbo NW-SE, coincidiendo con el trend estructural regional. Fuera de la caldera no se detectaron concentraciones de REE.

La sensibilidad de las REE con respecto al pH de los fluidos fue consistente, las mayores concentraciones de REE se asociaron a las aguas con pH bajos, mismas que se caracterizan por altos contenidos de sulfatos. Cabe destacar que el tipo de termalismo dentro de la Caldera de Acoculco es por descarga de gases (mofetas), principalmente de H₂S. Es posible que el mecanismo de transporte de las REE esté asociado con este gas y que sea más eficiente con las REE ligeras que con las pesadas.

El mejoramiento en los límites de detección de REE y la drástica disminución de costos analíticos para estos elementos hace que las REE se conviertan en un herramienta auxiliar para la exploración de zonas geotérmicas en donde no se tienen descargas líquidas.

GEOTER-07

QUARTZ SOLUBILITY TEMPERATURE DEPENDENCE EQUATION ALONG THE WATER-VAPOR SATURATION CURVE

Mahendra P. Verma

Geotermia, Instituto de Investigaciones Electricas

A quartz solubility regression equation along the water-vapor saturation curve for whole range of temperature from 0 to 374°C is derived from the experimental solubility data including in the compressed liquid region. This equation can be used as a chemical

geothermometer in order to estimate geothermal reservoir temperature. An iteration process is presented in order to correct the total discharge silica composition from a well for the vapor fraction in the geothermal reservoir. The errors associated with the analytical data and in the coefficient of the regression equation suggest that there is an over all error in the estimated temperature of $\pm 30^\circ\text{C}$. The concept is elucidated in case of the Cerro Prieto geothermal system. The limitations on the application of this equation as a geothermometer in case of natural manifestations are explained considering the Los Azufres geothermal field as an example.

GEOTER-08

EQUILIBRIO GASEOSO EN EL YACIMIENTO GEOTÉRMICO DE LOS AZUFRES MICHOACÁN

Rosa María Barragán R.¹, Enrique Portugal M.¹, Víctor M. Arellano G.¹, Fernando Sandoval M.² y Víctor M. Barrera G.²

¹ Instituto de Investigaciones Eléctricas

² Comisión Federal de Electricidad

Se analizaron datos de fase gaseosa de fluidos de pozos del campo geotérmico de Los Azufres, Michoacán mediante un método de equilibrio gaseoso que permite estimar la temperatura del yacimiento y el exceso de vapor presente en la descarga total de pozos. Este método (FT-HSH2) considera el equilibrio de la reacción de Fischer-Tropsch (FT) así como el equilibrio de una reacción (HSH2) que combina el equilibrio pirita-hematita y pirita-magnetita. Los parámetros FT y HSH2 se calculan a partir de la composición química de la fase gas y la solución de ecuaciones proporciona una malla en las coordenadas FT (eje y) y HSH2 (eje x) para el espacio factible de solución. Las concentraciones de las especies gaseosas se consideran en el fluido total por lo que es indispensable contar con datos de entalpía específica de producción de los pozos para su aplicación.

Algunas consideraciones que deben tenerse en cuenta en la aplicación del método son: a) las reacciones químicas consideradas deben alcanzar el equilibrio termodinámico, b) todas las especies participantes incluyendo el agua deben estar en condiciones de equilibrio químico y de fases, c) no debe haber ganancia o pérdida de agua en el sistema después de alcanzar el equilibrio y, d) se asume que no hay re-equilibrio del sistema de reacciones considerado desde el yacimiento hasta el cabezal.

Los resultados obtenidos muestran que el método es aplicable a muestras de pozos con alto contenido de vapor mientras que en pozos dominados por fase líquida se tiende a subestimar la temperatura de yacimiento con respecto a la temperatura obtenida de geotermómetros catiónicos o de sílice. Sin embargo considerando que la zona sur del campo es dominada por vapor y que algunos pozos producen una escasa cantidad de líquido, este método resulta ser muy adecuado para estimar la temperatura del yacimiento.

Los resultados de exceso de vapor de yacimiento se compararon con estimaciones hechas por el método del equilibrio de la reacción de Fischer-Tropsch en el que se debe contar con la temperatura de yacimiento. En pozos dominados por fase líquida y utilizando la temperatura de yacimiento estimada mediante el geotermómetro de composición catiónica los resultados de exceso de vapor cualitativamente concuerdan con el método FT-HSH2.

La aplicación de este método considerando las condiciones iniciales y las actuales de los pozos permitieron definir fenómenos de yacimiento tales como ebullición y mezcla de fluidos como resultado de la explotación.

GEOTER-09

SISTEMA DE ELECTRODO COMPARADOR DE POTENCIAL PARA MEDICIONES DE POTENCIALES DE CORROSIÓN EN CONDICIONES REALES DE FLUIDOS GEOTERMICOS

J.A. Sampedro, N. Rosas y B. Valdez
Red Nacional de Corrosión, Instituto Ingeniería, UABC
E-mail: sampedro@iing.mx.uabc.mx

Se diseñó y se construyó en el Laboratorio de Corrosión del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, un sistema especial comparador de potenciales que suplir con muchas ventajas las funciones de los electrodo de referencia. Este electrodo es capaz de efectuar medidas de polarización electroquímica bajo condiciones reales o simuladas de fluidos geotérmicos. Su estructura básica es la de un electrodo metálico de platino, este electrodo muestra una buena resolución en soluciones de la salmuera geotérmica a presiones de mas de 2000 psi y altas temperaturas de mas de 250°C . El sistema, también es capaz de llevar a cabo mediciones en salmueras contaminadas; tiene la ventaja sobre los equipos convencionales que estos últimos electrodos de la referencia para altas temperatura, contiene electrolitos que se puede contaminar fácilmente. El propósito de este arreglo que llamamos de cuatro electrodos fue el de permitir una forma precisa y rápida de control en las mediciones electroquímicas de los procesos de corrosión que ocurren en condiciones de salmueras geotérmicas simuladas en el laboratorio, empleando técnicas Potenciodinámicas normales con potencióstatos/galvanostatos convencionales. Debe decirse que este comparador de potencial, soluciona no solo los problemas de medición ya mencionados, sino cualquier otro caso en que los parámetros de alta presión y temperaturas; así como problemas de alta concentración de electrolito que puedan contaminar los sistemas comúnmente usados.

GEOTER-10

MEDICIÓN DE O-18 Y D EN AGUAS HIPERSALINAS DE ACUIFEROS PROFUNDOS EN CAMPOS PETROLEROS

Yadira Gómez, Enrique Portugal, Georgina Izquierdo y Rosa María Barragán
Instituto de Investigaciones Electricas

En estudios sobre el origen y evolución de salmueras en ambientes geológicos superficiales y subterráneos (lagos evaporados, rocas cristalinas, cuencas sedimentarias etc.) es común la aplicación de técnicas de isótopos estables (oxígeno-18 y deuterio) del agua. Sin embargo, la medición de estos isótopos en aguas cuya composición química es elevada enfrenta la desventaja de que los resultados no representan la composición isotópica real de la solución. Diversos estudios han discutido los efectos que producen los electrolitos sobre los resultados analíticos de dichos isótopos. Un caso especial es la medición de oxígeno-18 y deuterio en salmueras de acuíferos profundos (con 290 g/l de STD) que

además se encuentran en contacto con fases orgánicas. La presencia de compuestos orgánicos en la muestra ocasiona que la reproducibilidad de los métodos disminuya.

En este trabajo se presenta una metodología de purificación de muestras de agua hipersalina de acuíferos profundos subyacentes al petróleo. También se presentan resultados de las mediciones de oxígeno-18 y deuterio realizadas a muestras salinas sintéticas y muestras de acuíferos profundos.

GEOTER-11

EFFECTIVE THERMAL PROPERTIES OF GEOTHERMAL CEMENTING SYSTEMS

A. García¹, J.M. Morales², E. Contreras¹, G. Espinosa³ and E. Santoyo⁴

¹ Instituto de Investigaciones Eléctricas

² Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico

³ Depto. de IPH, UAM, Iztapalapa

⁴ Centro de Investigación en Energía, UNAM

The effective thermal conductivity and diffusivity and specific heat capacity of six cementing systems used in geothermal well construction were determined experimentally in the temperature range of 25°C to 220°C. Measurements were carried using the classical line source method and Jaeger's variant of the method. Correct operation of the experimental system was checked measuring the thermal properties of fused quartz samples and a procedure was developed for preparation of the cement samples. Results show that thermal conductivity and specific heat capacity depend on the particular cement system and tend to increase with an increase in temperature for most systems while thermal diffusivity decreases with temperature for most systems. Thermal conductivity uncertainties were 3.5% and 9.4% for the line source and Jaeger's methods, respectively, while thermal diffusivity uncertainties were 13.3% using Jaeger's method.

GEOTER-12

MEDICION DE CONDUCTIVIDAD TERMICA DE LIQUIDOS APLICANDO LA TECNICA DE LA ESFERA

García-Manuel Pablo, Contreras-López Enrique y García-Gutiérrez Alfonso

Gerencia de Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas

En esta investigación se presenta una metodología para la determinación de la conductividad térmica de líquidos simples a condiciones ambientales de presión y temperatura. Además, se describe el funcionamiento de un equipo experimental para realizar las mediciones; el cual ya fue probado en operación.

La aportación que se realiza con esta investigación se enfocó en el área de desarrollo de infraestructura tecnológica nacional; específicamente en las áreas de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Solar, Procesos Químicos, Generación de Electricidad por Fuentes Alternas y todos aquellos procesos en donde se requiera la caracterización de las propiedades termofísicas, que actualmente son imprescindibles y de costo elevado en cualquier parte del mundo; por todo esto, se justifica la realización de este trabajo.

La técnica que se aplicó para realizar las mediciones en esta investigación es la técnica transitoria de la esfera del National Institute of Standards and Technology (NIST antes NBS), la cual emplea un termistor que se utiliza como sensor de temperatura y como elemento calentador de la muestra que se desea evaluar.

El equipo experimental consta de 4 elementos principales: una computadora personal, una tarjeta electrónica multifuncional, un circuito integrado y un termistor. La computadora controla todo el proceso; ésta se encarga de controlar a los tres elementos restantes, su función principal es la de controlar a la tarjeta electrónica durante las mediciones; la tarjeta a su vez, tiene dos funciones suministrar pulsos de voltaje al circuito integrado y medir la caída de voltaje a través de la resistencia del termistor. El circuito integrado es un convertidor Voltaje-Corriente que se utiliza para calentar a la resistencia del termistor. El termistor es el elemento final del equipo, éste mide la temperatura y calienta a la muestra que se desea analizar.

La investigación se divide en cuatro rubros, estos son: 1. La calibración Temperatura-Resistencia del termistor, lo cual tiene la finalidad de conocer una ecuación de calibración que se utiliza durante las mediciones; 2. La caracterización del circuito integrado, que tiene como finalidad la determinación de una relación entre el voltaje de suministro de la computadora y la corriente que se envía al termistor; 3. La calibración de las propiedades efectivas del termistor, lo cual tiene la finalidad de determinar los valores del radio y el inverso de la conductividad térmica del termistor, valores que se utilizan posteriormente en la medición de conductividad térmica.

Se obtuvieron dos resultados de mediciones de conductividad térmica a 26.1°C y a presión ambiental, las sustancias evaluadas fueron la acetona y el metanol, para la primera se encontró una diferencia de menos del 4.2%, mientras que para el metanol, la diferencia obtenida fue de menos del 13.7%.

Por otra parte, se efectuó un análisis de incertidumbre del equipo de medición, el análisis se realizó según las especificaciones de Bevington R. P., "*Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences*", Editorial McGraw-Hill Book Company, pp. 56-74; y de la "*Guía BIMP/ISO para la Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones*", Centro Nacional de Metrología: Dirección de Metrología Eléctrica, Reporte Técnico Número CNM-MED-PT-0002, Los Cués, Querétaro, México, 1994, pp. 27-28. De este estudio, se encontró una incertidumbre expandida de ± 0.00234 W/m°C en las mediciones de conductividad térmica.

GEOTER-13

GEOTRANS: A COMPUTER CODE FOR ESTIMATING TRANSIENT TEMPERATURES IN THE COMPLETION OF GEOTHERMAL WELLS WITH DRILLING FLUID LOSSES

Alfonso Garcia¹, Gilberto Espinosa², Edgar Santoyo³, Pedro Mendoza¹ and Isaias Hernandez⁴

¹ Instituto de Investigaciones Eléctricas

² Depto. de IPH, Universidad Autónoma Metropolitana

³ UNAM, Centro de Investigaciones en Energía

⁴ Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

The GEOTRANS computer code is described. It consists of a numerical simulator and a user interface for data input and analysis

of results. The equations governing the dynamic heat transfer processes in a geothermal well under construction in the presence of lost circulation are solved. They describe flow of fluid in the drilling pipe and annulus, heat transfer in the drilling pipe metal wall and conductive and convective heat flow in the formation. Solution allows estimation of temperatures in and around a well as function of time and vertical and radial position. The model is closed using heat transfer and fluid friction correlations. Physical properties of drilling fluids (muds and water/air mixtures), cements, rocks and pipes, implemented via numerical routines or as databases complement the model. Numerical solution follows implicit finite differences and the Thomas algorithm is used for their solution Heat transfer in the formation is 2D and is solved via an ADI scheme. A unique feature of GEOTRANS is that it simulates drilling fluid losses at any position along the uncased wellbore and its effect is accounted for as thermal convection in the formation. GEOTRANS operates under Windows and data input can be done from a file, interactively or from the databases implemented. Program execution is controlled from the user interface. Data post-processing includes automated plotting of simulated temperatures as function of depth and time for the circulation and shut-in periods. Previous code validation was performed by comparison against data from the literature and analytical solutions. Results of application to the Mexican well H-26 from the Los Humeros geothermal field are presented. The shut-in logged temperatures were reproduced in the presence of lost circulation. GEOTRANS can be used to estimate formation temperatures and formation porosity by trial and error.

GEOTER-14 CARTEL

RESPUESTA DE LOS MECANISMOS FOCALES EN EL CAMPO GEOTERMICO LOS HUMEROS, PUEBLA

Angel David Hurtado Artunduaga y Javier F. Lermo
Samaniego
Instituto de Geofísica, UNAM

La actual sismicidad en el campo geotérmico Los Humeros ha sido registrada en tiempo real desde 1997. Y se piensa que la principal causa de su ocurrencia fue la puesta en marcha de dos pozos reinyectores (H29 y H38) en el yacimiento. Hasta Octubre de 1999 se han procesado alrededor de 100 eventos sísmicos, entre los cuales 33 han respondido como datos fuente para realizar un estudio de mecanismos focales que indicarían la dirección de los esfuerzos principales que ocasionan dicha sismicidad. Esta herramienta, paralelamente desarrollada con estudios geológicos y de yacimiento, han arrojado resultados de falla normal con direcciones de plano principal hacia el NNW y NE y buzamientos superiores a los 50° al W y E, a profundidades entre 1200 y 2900 m. Es muy probable que la actual dirección de los planos de falla, los cuales se consideran reactivados por causa de dichos pozos reinyectores, estén siendo usados como camino de recarga hacia el yacimiento. De igual forma, se piensa que el efecto térmico que ejerce esta agua reinyectada (60°C, aproximadamente) y la explotación misma del yacimiento, estén afectando la presión de poro del medio fracturado, lo cual estaría generando un cambio volumétrico del sistema que conllevaría entonces a desestabilizar el campo de esfuerzos prevaleciente antes de la reinyección.

Hasta este momento los mecanismo focales han servido para postular las direcciones principales del campo de esfuerzos y dar pie a postular entonces dichas causas de la sismicidad.