



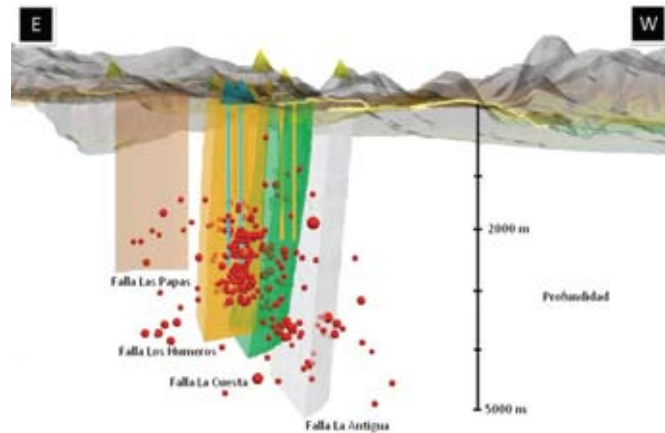
## RELACIÓN DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA LOCAL, POZOS INYECTORES Y FALLAS ACTIVAS, EN LOS CAMPOS GEOTÉRMICOS DE MÉXICO

(PROYECTO DE TESIS)

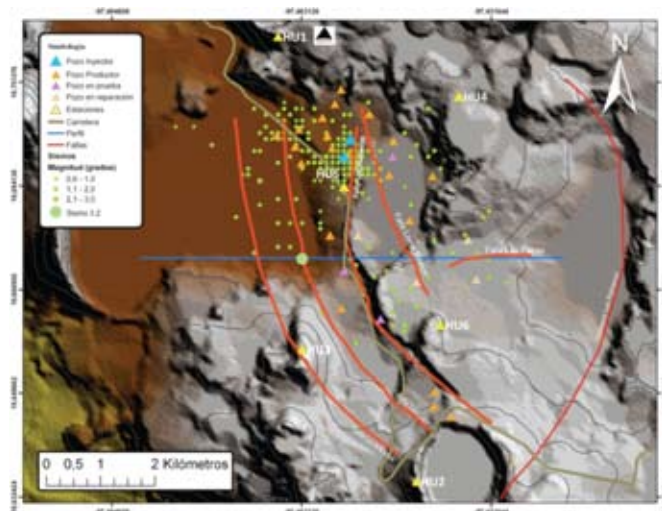
M EN C. JAVIER FRANCISCO LERMO SAMANIEGO / COORDINACIÓN DE INGENIERÍA SISMOLÓGICA DEL II UNAM  
EDGAR URBAN RASCÓN/ESTUDIANTE

El monitoreo y el continuo estudio de la sismicidad en los campos geotérmicos de México (Los Humeros, Pue.; Los Azufres, Mich; Tres Vírgenes, BCS. y Cerro Prieto, BC.), han generado diversos planteamientos y conclusiones que conducen a relacionar la sísmica, con las operaciones de explotación y el sistema hidrotermal:

1. El monitoreo sísmico confirma cambios en los esfuerzos y la presencia de actividad en zonas donde no se había observado sismicidad; la cual ocurrió hasta el momento de la explotación del campo y razonablemente confirma que los eventos han sido inducidos por medio de las numerosas operaciones. La zona de explotación agrupa el mayor porcentaje de sismicidad local en tres de los cuatro campos geotérmicos principales de México. Exceptuando el campo Tres Vírgenes donde la mayoría de la actividad sísmica está asociada a la actividad tectónica.



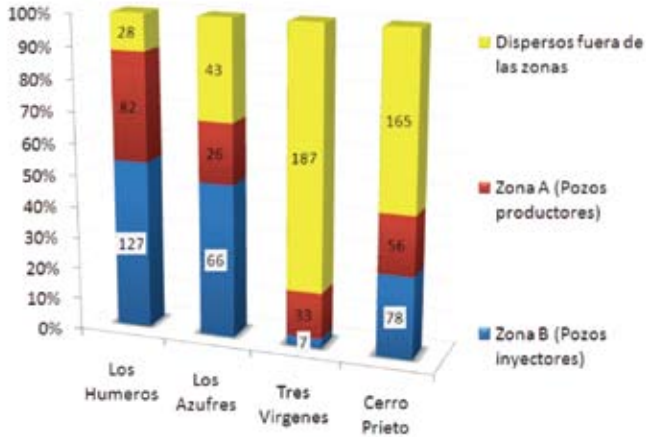
Perfil sísmico E-O del campo Los Humeros. La sismicidad en una escala de incremento gradual de magnitud (esferas rojas), pozos inyectoros (líneas azules) y productores (líneas naranjas), proyección de las fallas: Los Humeros (polígono naranja), La Cuesta (polígono verde), La Antigua (polígono gris) y Las Papas (polígono rojo).



Mapa geomorfológico del campo geotérmico Los Humeros, Pue., con la distribución espacial de la sismicidad durante 1997-2008 (esferas verdes), pozos inyectoros (triángulos azules), productores (triángulos naranjas) y proyección de las fallas (líneas café).

2. Considerando la producción, perforación y la inyección en los pozos como las operaciones vitales de explotación; la inyección se ha manifestado como la principal actividad generadora de sismicidad; en Los Humeros, Los Azufres y Cerro Prieto, la mayoría de sismos se agrupa principalmente en las cercanías de los pozos inyectoros, se ha observado su ocurrencia en periodos cortos de tiempo (horas, minutos y segundos), hasta tiempos largos (años) en los cuales probablemente se asocien mecanismos generadores adicionales. Las fallas cercanas a los pozos tanto productores como inyectoros, manifiestan cambios de esfuerzos, activación o reactivación, lo que permitió construir la proyección con su posible forma, echado y orientación.

## Distribución de sismos en los campos geotérmicos de México



3. Existen mecanismos termoporoelásticos que intervienen en el fracturamiento de los poros, zonas de alta presión y temperatura que han influido en un fracturamiento adicional no considerado Ghassemi (2007). Un indicador de este fenómeno es la numerosa microsismicidad concentrada en la zona de mayor temperatura

en el campo geotérmico de Los Humeros, siendo la zona norte del campo, la que reúne los mecanismos necesarios para su manifestación, (alta temperatura y presión), parámetros que sugieren la presencia del fenómeno de termoporoelasticidad.

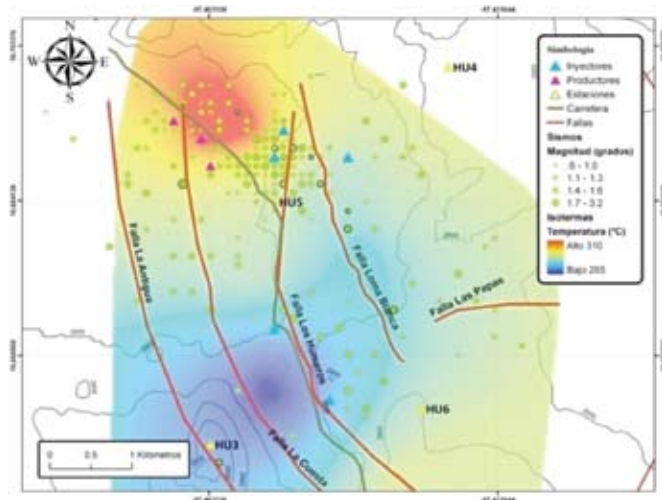
4. Durante el periodo 2009 - 2010 del monitoreo sísmico en el campo Tres Vírgenes, se logró asociar sismicidad a los siguientes trabajos de perforación y pruebas de producción en el pozo LV-06:

- Fin de la estimulación y proceso de limpieza para acidificación; 24/12/2009, 7 sismos.
- Ingreso de ácido al pozo, el 27/12/2009; incremento del número de sismos a 7
- Inicio de la inducción o calentamiento del pozo; el 06/01/2010, 7 sismos asociados.
- Prueba de Producción a 3 ½"; el 9/03/2010, 58 sismos.
- Prueba de producción; cambio de diámetro en la placa de orificio de 3 ½" a 4", el 23/04/2010, 10 sismos.

5. Es importante señalar que la actividad sísmica, dentro de los periodos considerados en el estudio y referente a los campos geotérmicos, no rebasan los 3.5 grados de magnitud, a pesar de encontrarse en zonas tectónicamente activas y no se produce ningún evento de gran magnitud asociado a la explotación, que pudiera considerarse de riesgo para la población o la infraestructura del mismo.

6. Es importante continuar con el monitoreo sísmico, para diferenciar los efectos de la termoporoelasticidad y de fracturamiento hidráulico, debido al tiempo de ocurrencia necesaria para generar los diversos efecto, normalmente el efecto de termoporoelasticidad no es considerado en los términos de la permeabilidad y fracturamiento.

7. La actividad sísmica entorno a los yacimientos es numerosa y el monitoreo resulta una herramienta importante para aportar valiosa información en la toma de decisiones, es recomendable utilizarla en forma desde la etapa de exploración, durante la explotación e inclusive en etapas maduras de los yacimientos. 📌



Mapa de isotermas con temperaturas de fondo, la actividad sísmica y las fallas principales en el campo Los Humeros.