

Situación actual y alternativas de exploración y explotación en el campo geotérmico de Cerro Prieto, BC

Álvaro Aguilar Dumas

Comisión Federal de Electricidad, Residencia General Cerro Prieto, Mexicali, México. Correo: alvaro.aguilar@cfe.gob.mx

Resumen

Actualmente el Campo Geotérmico de Cerro Prieto (CGCP) se enfrenta a problemas relacionados con la baja de producción de vapor, debido principalmente a una disminución de la presión, la entalpía y la temperatura, lo cual se debe a la sobreexplotación del recurso geotérmico. En este trabajo se analiza la situación actual del CGCP y se proponen zonas alternas de exploración y explotación que pudieran, en un momento dado, compensar la declinación en la producción de vapor que actualmente se observa en el campo. Una de estas zonas es Tulecheck, que es un área con gran potencial geotérmico que actualmente se encuentra en exploración mediante geofísica para su posterior perforación. La otra zona es la parte oriental del CGCP, entre los ejidos Nuevo León y Saltillo, la cual tiene un potencial probado y representa la continuidad al noreste del yacimiento geotérmico que actualmente está en explotación. Una vez que estas zonas se prueben de manera satisfactoria, el CGCP pasaría a formar parte de una serie de módulos de generación, independientes unos de otros.

Palabras clave: Cerro Prieto, declinación de la producción de vapor, zonas adicionales para explotación, Tulecheck.

Current status and alternatives for exploration and exploitation in the Cerro Prieto geothermal field, BC

Abstract

Currently the Cerro Prieto geothermal field (CGCP) has problems related to low steam production, mainly due to pressure, enthalpy, and temperature drops, which in turn come from over-exploiting the geothermal resource. This paper analyses the current situation and proposes alternative zones for exploration and exploitation. These could compensate for the present steam-production decline. One zone is Tulecheck, an area with large geothermal potential now undergoing geophysical surveys. The other is the eastern portion of the CGCP, between the Nuevo León and Saltillo ejidos, which holds proven potential and is the northeastern prolongation of an area of the geothermal reservoir currently under exploitation. When these zones are proven satisfactorily, the CGCP reservoir would become a series of independent-generation modules.

Keywords: Cerro Prieto, steam production declination, additional zones for exploitation, Tulecheck.

Objetivo

Proponer áreas aledañas susceptibles de contener recursos geotérmicos, a partir del análisis de la situación actual del Campo Geotérmico de Cerro Prieto (CGCP), localizadas en la Cuenca de Salton, que es la prolongación sur de la zona geotérmica del Valle Imperial, en Estados Unidos.

1. Introducción

El CGCP contiene un yacimiento geotérmico de líquido dominante, alojado en un ambiente sedimentario. Está ubicado en una cuenca de tipo *pull-apart*, formada por los sistemas de fallas Cerro Prieto e Imperial, los cuales forman parte del sistema de fallas de San Andrés.

El CGCP empezó operaciones comerciales en 1973, y a partir de esa fecha se ha extraído vapor geotérmico que se distribuye a las diferentes centrales generadoras. Actualmente tiene una capacidad instalada de 720 MW para cuya generación se requieren aproximadamente 5800 toneladas por hora (t/h) de vapor. Existen actualmente un total de 353 pozos perforados en el CGCP, de los cuales un promedio anual de 164 se encuentran integrados a los procesos productivos de las diferentes centrales generadoras.

El campo se encuentra en el estado mexicano de Baja California, 30 km al sureste de la ciudad de Mexicali, entre los meridianos 115° 12' y 115° 18' longitud oeste y los paralelos 32° 22' y 32° 26' de latitud norte (Fig. 1).



Fig. 1. Ubicación del CGCP.

Geológicamente, el CGCP se localiza dentro de la Cuenca de Salton, que se extiende desde el Valle Imperial, al sureste de California en Estados Unidos hasta el Valle de Mexicali, al noreste del estado de Baja California, México. La cuenca, sísmicamente activa, presenta una depresión estructural formando una extensión continental del Golfo de California, pero rellenada parcialmente con sedimentos del Río Colorado. El golfo y la cuenca se sitúan a lo largo del *rift* continental que separa la placa del Pacífico, hacia el oeste, de

la placa Norteamericana al este, generando sistemas de gran actividad magmático-hidrotermal en los centros de apertura y extensión (*pull-apart*) que se han desarrollado en la cuenca, favoreciendo la formación de sistemas geotérmicos de alta temperatura como el CGCP en el Valle de Mexicali y el campo geotérmico de Salton Sea, en el Valle Imperial.

El sistema geotérmico de Cerro Prieto está delimitado por las fallas Imperial y Cerro Prieto. Areniscas terciarias, con alta permeabilidad primaria, intercaladas en lutitas son las rocas almacenadoras del fluido. La Figura 2 muestra el modelo conceptual del yacimiento.

La explotación comercial del campo empezó en 1973, al ponerse en marcha las primeras unidades de la central Cerro Prieto I (CP-I). El potencial del yacimiento geotérmico ha permitido un gran desarrollo del campo, expandiendo el área productiva e incrementando la capacidad instalada, alcanzando 720 MW desde el año 2000, con las centrales CP-I (180 MW), CP-II (220 MW), CP-III (220 MW) y CP-IV (100 MW).

2. Situación actual

Desde 1973 se han extraído aproximadamente 2900 millones de toneladas de mezcla en un área de explotación de 18 km². En años anteriores cada incremento en la cantidad de pozos significaba mayor producción de vapor, pero actualmente la producción de vapor mantiene una tendencia a la baja debido principalmente a la sobreexplotación a la que está sometido el yacimiento (Fig. 3).

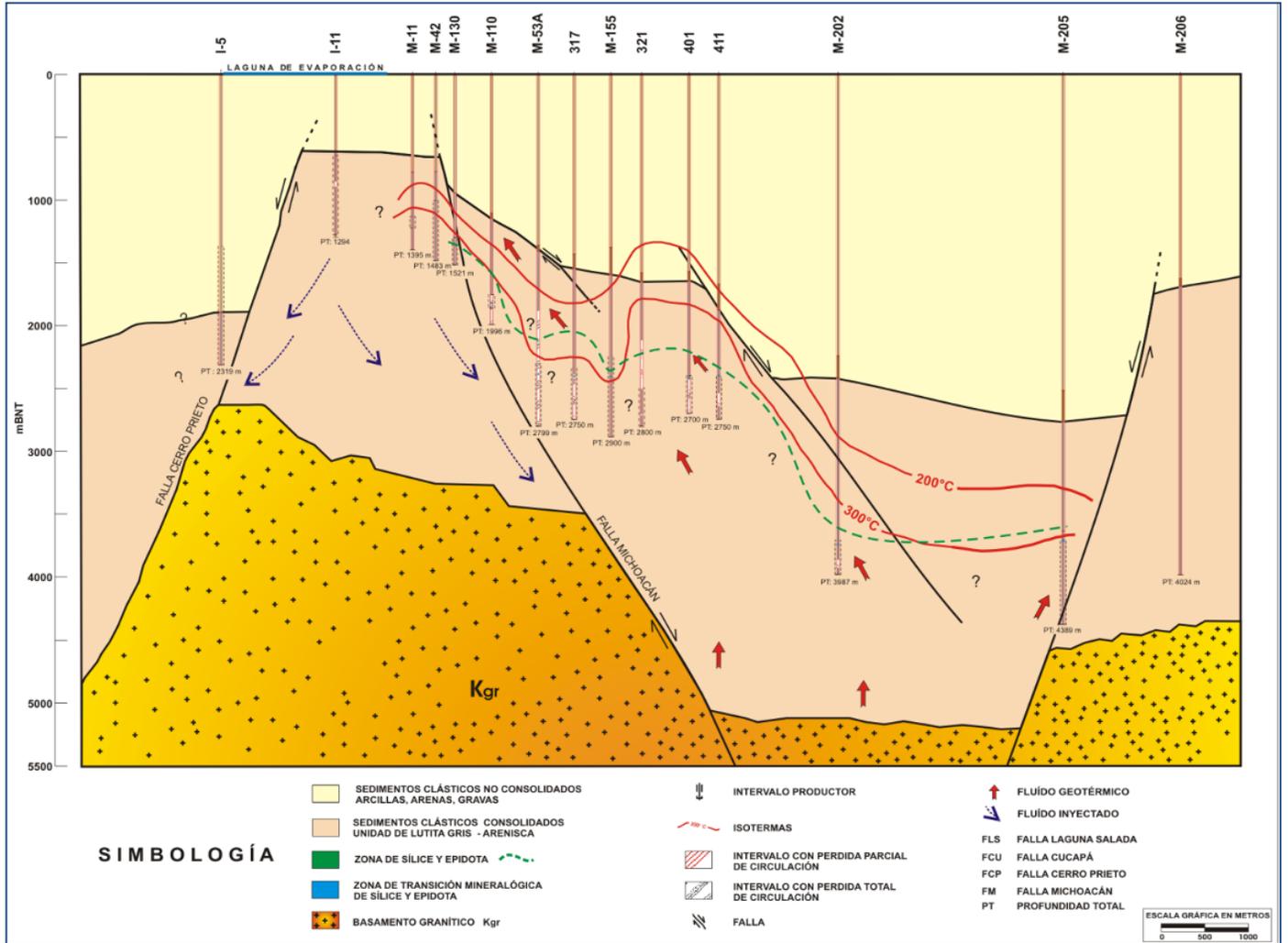


Fig. 2. Modelo conceptual del yacimiento geotérmico en Cerro Prieto.

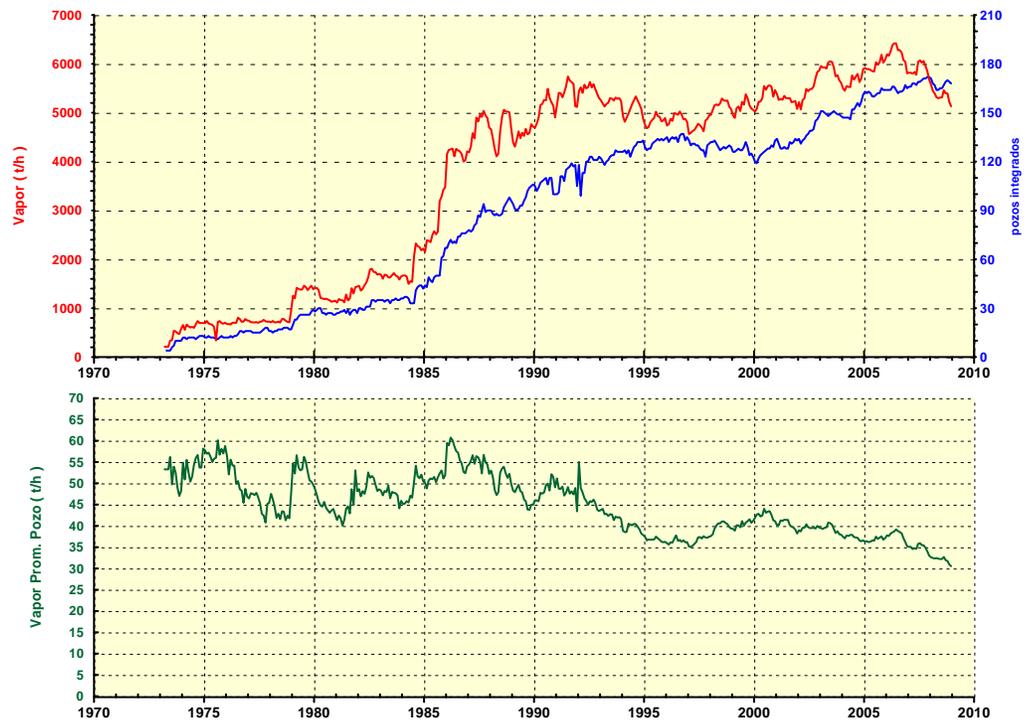


Fig. 3. Tendencia histórica de producción de vapor y número de pozos integrados (arriba) y producción promedio de vapor por pozo (abajo).

Como se observa en la parte inferior de la Figura 3, la producción promedio por pozo integrado ha descendido de unas 55 t/h de vapor en 1975 a poco más de 30 t/h en 2009.

3. Áreas propuestas

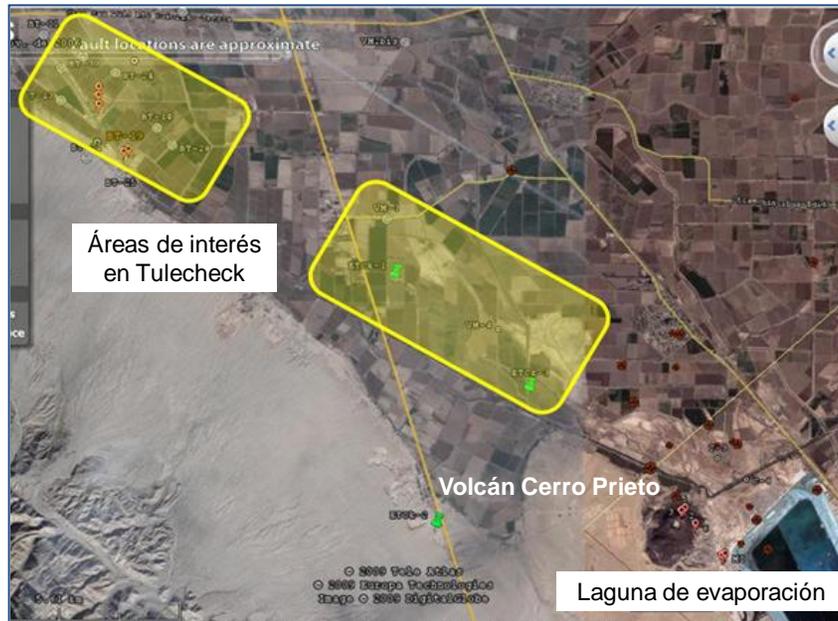


Fig. 4. Ubicación de la zona de Tulecheck y de sus áreas de interés.

con lo que se exploró un área aproximada de 36 km².

En 1982 se perforaron cinco pozos con profundidades entre 962 y 1624 m. El más profundo de ellos, TC-2, alcanzó el basamento granítico a 1540 m de profundidad y registró temperaturas de fondo de 92°C. El pozo más caliente, BT-30, terminado en sedimentos a 1260 m, registró temperaturas de 165°C.

Actualmente se cuenta con un plano gravimétrico de anomalías de Bouguer realizado a principios de los años 80, un plano de anomalías magnéticas de campo total (Mexicali I11-12, Servicio Geológico Mexicano) y con los resultados del estudio de resistividad con transitorio electromagnético encargado por la CFE en 2008 (Ramírez, 2008). En 2009 se llevó a cabo el complemento del estudio de resistividad y un monitoreo sísmico del área, con el fin de asegurar las mejores localizaciones para tres futuros pozos exploratorios programados para perforarse en 2010-2011.

La zona de Tulecheck se considera propicia para contener recursos geotérmicos con los que se puede generar energía por medio de ciclo binario. Algunos autores consideran que podría encontrarse un yacimiento geotérmico más grande que el conocido en Heber (Elders *et al.*, 1993).

Los pozos exploratorios propuestos se localizan en los sitios ETCK-1, ETCK-2 y ETCK-3, ubicados con base en los resultados del estudio de resistividad con transitorio electromagnético realizado por la CFE (2008). El sitio ETCK-1 se localizará en el sondeo TKTE-105 (Perfil P-17, Fig. 5); estructuralmente el pozo estará en un graben y al aplomo de flujos ascendentes de fluidos de alta temperatura que provienen de profundidades mayores a los 2000 m a través de fallas normales; por las resistividades bajas presentes entre los 1500 y 2000 m es muy posible que en el contacto entre el paquete de los Sedimentos Clásticos Consolidados y el Basamento Granítico (ver Fig. 2) se aloje un acuífero de alta temperatura (Ramírez, 1994).

3.1. Tulecheck

Esta zona, localizada al noroeste del CGCP (Fig. 4), presenta manifestaciones termales con temperaturas medidas en superficie entre 53 y 93°C. El geotermómetro Na-K-Ca indica temperaturas de equilibrio entre 159 y 230°C.

En 1958 se realizó un estudio sobre las manifestaciones hidrotermales, que se llamaron Dren Tulecheck y Dren Huisteria, en el cual se registraron temperaturas superficiales de 60-76°C y de 88-103°C, respectivamente. En 1978, apoyados en estudios geofísicos, la CFE perforó 12 pozos poco profundos, en promedio de 102 m, y otro denominado BT-26 con una profundidad de 800 m,

El Sitio ETCK-2 se ubica en el sondeo TKTE-182. De acuerdo a la interpretación estructural también se ubica en un graben. De los tres perfiles de resistividad que cubren este sitio, sólo uno presenta un flujo tabular ascendente de fluidos de alta temperatura, por lo que puede tratarse de una zona muy local sin extensión a profundidad (Ramírez, 2008). Por ello habrá que esperar a efectuar sondeos TEM con una mayor cobertura para confirmar la ubicación propuesta para este pozo exploratorio.

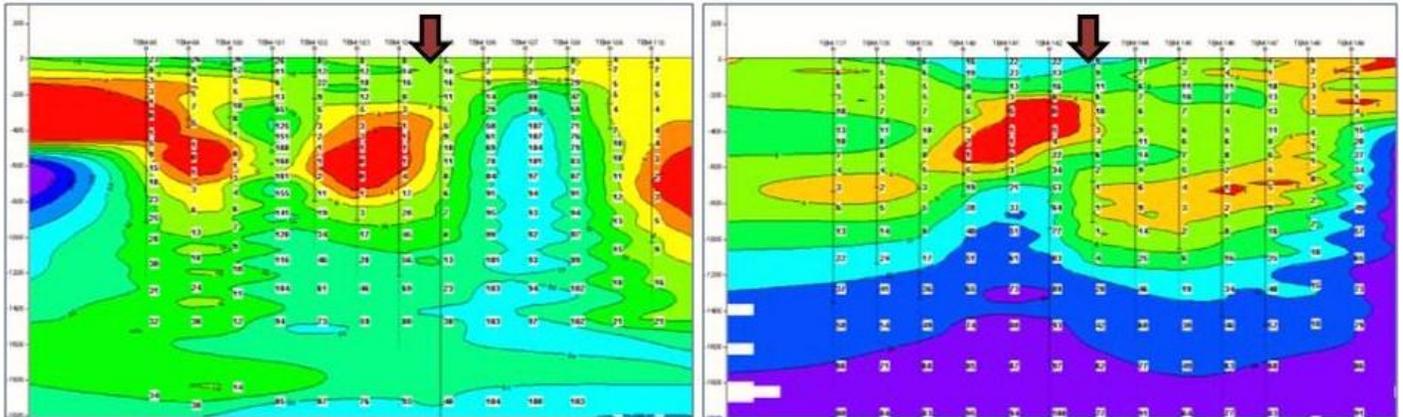


Fig. 5. Perfiles de resistividad P-17 (izquierda) y P-11 (derecha) mostrando la localización de dos de los pozos exploratorios propuestos (ETCK.1 flecha izquierda) y ETCK-3 (flecha derecha).

El sitio ETCK-3 se ubica en el sondeo TKTE-143 (perfil P-11, Fig. 5), y al igual que los anteriores se interpretó ubicado en un graben al aplomo de un flujo tabular de fluidos de alta temperatura. Es muy posible que tanto en este sitio como en el primero no haya manifestaciones termales superficiales, pero esto puede deberse a la cubierta resistiva superficial y al espesor considerable de los Sedimentos Clásticos No Consolidados que actúan como sello para los fluidos de alta temperatura. La zona favorable se espera igualmente en el contacto entre los Sedimentos Clásticos Consolidados y el basamento granítico, por el mismo argumento descrito para el sitio ETCK-1.

Por otro lado, estudios gravimétricos realizados en el Valle Imperial (Biehler, 1964) demostraron que la anomalía de Bouguer, además de sugerir la forma y tendencia regional del espesor sedimentario y de las estructuras principales, en algunos casos los máximos tienen una estrecha relación con zonas de altas temperaturas. Esta interpretación, en combinación con los resultados de magnetometría y resistividad, dio como resultado el descubrimiento de ocho regiones geotérmicas en territorio norteamericano, denominadas Salton Sea, Heber, East Mesa, North Brawley, East Brawley, Glamis, Dunnes y Border, todas ellas ubicadas en un máximo gravimétrico. Solamente una de esas zonas, la de Salton Sea, presentaba evidencias de termalismo superficial.

El CGCP también se encuentra en un máximo gravimétrico (Velasco, 1963), y existe otro aproximadamente al oeste del Ejido Michoacán y al sureste del área de Tulecheck, lo que parece ratificar la importancia de esta zona.

3.2. Parte oriental de la Sierra Cucapá

A 8 km al S 43° W del volcán Cerro Prieto (VCP), en la parte oriental de la Sierra Cucapá (SC) se localiza una manifestación hidrotermal de vapor (Calderón, 1958), cuya posición geográfica hace suponer que la Falla Cucapá es conductora de fluidos en esta parte de la sierra.

Los trabajos realizados en esta área se enfocaron a colectar una muestra del condensado de vapor, la cual se analizó reportando un pH de 1, un total de 31,150 ppm de sólidos totales disueltos (STD) y un contenido de HCO₃ de 0.643 ppm.

La manifestación está formada por una protuberancia de 2.80 m de altura, formada por el material de acarreo que ha pasado por los orificios que forman dicha manifestación (Calderón, 1958).

3.3. Parte oriental del campo, entre los Ejidos Nuevo León y Saltillo

Entre 1983 y 1986 la CFE realizó diversos estudios exploratorios en la porción oriental y fuera de la actual zona de explotación, incluyendo la perforación de pozos exploratorios a profundidades de 2840 a 4390 m. Como resultado se identificó la extensión del yacimiento geotérmico hacia dicha zona y se determinó su factibilidad para aprovecharse en la generación de electricidad. Asimismo, con la construcción del pozo M-206, ubicado al este de la Falla Imperial, se comprobó que esta falla es el límite oriental del yacimiento.

Sin embargo, en los años 80 se continuaban desarrollando las zonas de CP-II y CP-III, y esa porción oriental se consideró como reserva para desarrollarse en el futuro. Por lo tanto, tomando en cuenta la necesidad actual de vapor en el campo, se propone re-evaluar los pozos exploratorios M-201, M-203 y M-205 con el propósito de implementar acciones para incorporar la zona este al proceso productivo. Las características y situación actual de esos pozos se presentan en la Tabla 1.

Pozo	Profundidad (m)	T (°C)	Inducción	Tipo o Condición
201	3817	>300	No	Monitoreo
202	3712	>300	Fluyó de 1984 a 1985	Cerrado
203	3993	285	Fluyó de 1984 a 1986	Monitoreo
204	4120	<200	No	Cerrado
205	4389	>300	Sin éxito	Monitoreo
206	4024	<200	No	Cerrado
208	2406	<100	No	Cerrado

Tabla 1. Resumen de los pozos exploratorios en la porción oriental del CGCP.

Considerando que hay argumentos suficientes para asegurar que el yacimiento geotérmico se extiende hasta la Falla Saltillo, se proponen tres proyectos de generación independientes uno de otro, que se denominan como Proyecto Nuevo León 1 (PNL1) en una extensión de 100 hectáreas, Proyecto Nuevo León 2 (PNL2) en una superficie de 75 hectáreas y Proyecto Saltillo (PS) en otras 100 hectáreas, que en conjunto podrían generar 125 MW (Fig. 6).

En estas áreas se pueden perforar pozos con 300 m de separación entre sí y a profundidades de hasta 4200 m. Mediante pozos direccionales, se tendría la oportunidad de alcanzar zonas incluso fuera de ellas. La propuesta es contar con sistemas de inyección en caliente y de aprovechamiento de la energía residual mediante plantas de ciclo binario.

De esta manera, en un futuro el CGCP podría estar constituido por módulos separados incluyendo al campo actual y a los módulos PNL1, PNL2, PS, la zona de Tulecheck, la de la Sierra de Cucapá, y probablemente otras zonas aún no detectadas hasta ahora, generando no sólo con vapor sino con fluidos de baja temperatura mediante plantas de ciclo binario, y probablemente combinada con energía solar.

4. Conclusiones

El yacimiento geotérmico de Cerro Prieto es un yacimiento finito que se encuentra en una etapa de madurez y que abarca desde la Falla Cerro Prieto hasta la Falla Imperial. La expansión del yacimiento hacia el oriente se encuentra limitada actualmente por el Ejido Nuevo León.

Hay dos factores principales que definen la situación actual del CGCP: (i): La declinación del yacimiento geotérmico explotado hasta la fecha, debido a una sobreexplotación, y (ii) un área limitada para la perforación de nuevos pozos.

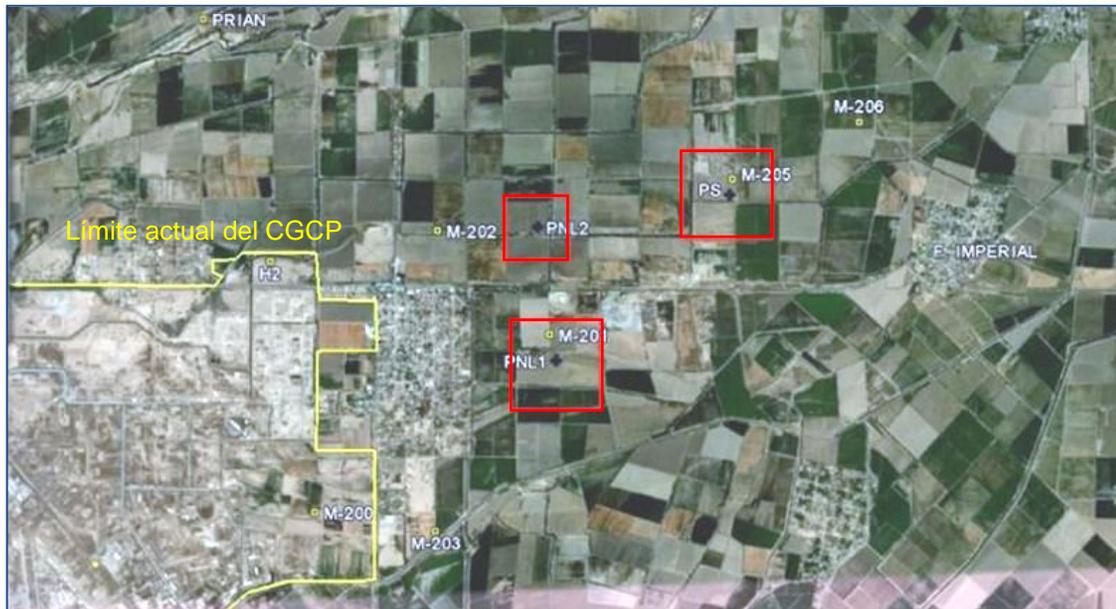


Fig. 6. Ubicación de pozos exploratorios actuales al oriente del CGCP y de las tres áreas propuestas (PNL1: Proyecto Nuevo León 1, PNL2: Proyecto Nuevo León 2, y PS: Proyecto Saltillo).

Al ritmo de perforación actual y considerando los terrenos que recientemente se negociaron mediante contratos de usufructo, queda una superficie suficiente para perforar pozos nuevos hasta el año 2017, con una separación entre pozos de 300 m. Pero después de este año la producción de vapor bajará paulatina e inevitablemente hasta una 3600 t/h, que es el pronóstico de equilibrio del yacimiento.

Por ello, en la parte oriental del CGCP, entre los ejidos Nuevo León y Saltillo, se están proyectando tres islas de generación independientes una de otra (PNL1, PNL2 y PS), con un potencial de generación de 125 MW.

En la Zona Geotérmica de Tulecheck, se proyecta un potencial de 10 MW con plantas de ciclo binario, pero podría incrementarse considerablemente de comprobarse las anomalías en la parte sureste del área.

Referencias

- Biehler, S., 1964. Geophysical Study of the Salton Trough of Southern California. Ph D. Thesis, California Institute of Technology, California, EUA. Inédito.
- Calderón G., A., 1958. Estudio Preliminar Geológico del Área al Sur y Sureste de Mexicali, B.C., para aprovechar los Recursos Geotérmicos. Informe de GEOCA (Geólogos Consultores Asociados) para CFE. Inédito.
- Elders, W.A., H. Campbell, R. Carreón, 1993. Direct Use Potential of the Tulecheck Geothermal Area, B.C., México. Convenio de investigación entre la UABC, Mexicali, México y la UCR, Riverside, EUA. Inédito.
- Ramírez, J., 1994. Estudio Gravimétrico de la zona Geotérmica de Laguna Salada, B.C. Reporte técnico final del Instituto de Ingeniería de la UABC para la CFE. Inédito.

Ramírez, J., 2008. Estudio de Resistividad con Transitorio Electromagnético en la Zona Geotérmica de Tulecheck, B.C. Reporte Técnico Final del Convenio DEX-DGF-TK-15-08. Instituto de Ingeniería, Grupo Ciencias de la Tierra, UABC. Inédito.

Velasco H., J., 1963. Levantamiento Gravimétrico Zona Geotérmica de Mexicali, Baja California. Publicación del Consejo de Recursos Naturales No Renovables.