



Análisis y evaluación de un proyecto piloto geotérmico en los campos petroleros del nororiente peruano para la generación de energía eléctrica

Cuestas Rios, Francis

Thermal Caldera Consultores S.A.C. | TherCal

RESUMEN

En la selva peruana se tienen centrales eléctricas que utilizan motores de combustión que emiten a la atmósfera gases de efecto invernadero y partículas contaminantes, generando un grave impacto ambiental. Además, requieren de consumo de combustible y de permanente mantenimiento, lo que implica un incremento en los costos operativos. No obstante, en muchos campos petroleros de la selva peruana el corte de agua es muy alto, alrededor de 95 %, y la temperatura del agua caliente coproducida está cerca de los 100 °C, la cual no es aprovechada.

El presente trabajo tiene como objetivo aprovechar la temperatura del agua caliente coproducida en los campos petroleros de la selva peruana para generar energía eléctrica mediante ciclo binario geotérmico, disminuyendo el uso de combustible fósil en la generación de electricidad para mitigar la emanación de los gases de efecto invernadero y partículas contaminantes a la atmósfera e impacto ambiental.

La tecnología del ciclo binario geotérmico para generar electricidad, utiliza fluidos calientes cuyas temperaturas están en el rango de 80 °C a 180 °C. El agua caliente extraída de los campos petroleros de la selva peruana en cabeza de pozo está cerca de los 100 °C, mismo que se encuentra en el rango que requiere la tecnología del ciclo binario geotérmico para generar electricidad.

Con una producción de agua aproximada de 80,000 BPD y 95 °C de temperatura se puede

generar cerca de 1 MW de electricidad evitando el consumo de combustible fósil y la emanación aproximada de 1,260,000 toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera anualmente, aminorando los costos operativos [2].

Palabras clave: campos petroleros, ciclo binario geotérmico, agua caliente coproducida, huella de carbono.

ABSTRACT

In the Peruvian jungle there are power plants that use combustion engines that emit greenhouse gases and polluting particles into the atmosphere, generating a serious environmental impact. In addition, they require fuel consumption and constant maintenance, which implies an increase in operating costs. However, in many oil fields in the Peruvian jungle the water cut is very high, around 95%, and the temperature of the co-produced hot water is close to 100 °C, which is not used.

The objective of this work is to take advantage of the temperature of the hot water co-produced in the oil fields of the Peruvian jungle to generate electricity through a binary geothermal cycle, reducing the use of fossil fuel in the generation of electricity to mitigate the emission of greenhouse gases and particulate pollutants into the atmosphere and environmental impact.

Geothermal binary cycle technology to generate electricity uses hot fluids whose temperatures are in the range of 80 °C to 180 °C. The hot water extracted from Peruvian jungle oil fields at the wellhead is close to 100 °C, which is in the range

required by geothermal binary cycle technology to generate electricity.

With an approximate water production of 80,000 BPD and 95 °C temperature, about 1 MW of electricity can be generated, avoiding the consumption of fossil fuels and the emission of approximately 1,260,000 tons of carbon dioxide into the atmosphere annually, thus reducing operating costs.

Keywords: oil fields, geothermal binary cycle, co-produced hot water, carbon footprint.

INTRODUCCIÓN

El agua coproducida en enormes volúmenes es un gran problema para los productores de petróleo y gas, ya que se requiere eliminar o reinyectar el agua en los reservorios a través de los pozos de inyección o disposición, proceso que cuesta mucho y reduce el valor del beneficio neto de los productores. No obstante, la temperatura caliente del agua coproducida puede ser aprovechada para generar energía eléctrica mediante el ciclo binario geotérmico.

La aplicación de la tecnología del ciclo binario geotérmico a un campo petrolero en abandono o con elevado corte de agua (próximo a depletarse), resulta oportuno para la generación de energía eléctrica, aprovechando todas las infraestructuras e instalaciones construidas en el campo petrolero, tanto en el subsuelo (pozos) y en superficie.

Los hidrocarburos y la geotermia son dos tipos de recursos energéticos que coexisten en las cuencas sedimentarias de la selva peruana. En la selva peruana existen cientos de pozos abandonados no rentables y varios campos de petróleo que se producen con elevado corte de agua (superior al 95 %), índice de que los campos de petróleo se encuentran próximos a depletarse; y a la vez, la temperatura promedio de los fluidos extraídos en cabeza de pozo está en 100 °C. Además, se observa que en los campos de petróleo de la selva peruana ya se cuentan con las infraestructuras, pozos de producción e inyección, para aprovecharlos y acondicionarlos a un sistema geotérmico de ciclo binario, ofreciendo la posibilidad de proveer energía eléctrica a las comunidades localizadas en sitios remotos [3].

CAMPOS PETROLEROS DE LA SELVA PERUANA

Los yacimientos de donde se extraen los hidrocar-

buros en la selva peruana se encuentran aproximadamente a 3.5 km de profundidad con una temperatura promedio de 257 °F (125 °C), algo mayor que la gradiente geotérmica normal (30 °C/km). Esto es debido a que los yacimientos petrolíferos se encuentran cerca del basamento cristalino que está en contacto con el magma interior de la Tierra, los cuales son conductores de calor hacia la corteza terrestre (Fig. 1).



Fig. 1 Modelo de sistema de cuenca de antepaís, para la cuenca Santiago y Marañón (Fuente: Perúpetro).

Las anomalías geológicas del basamento cristalino presentes en las cuencas de la selva peruana corresponden al levantamiento actual del sistema de cuenca de antepaís. El Arco de Iquitos constituye la mayor estructura de la Amazonía para la Cuenca Marañón-Oriente; es decir, el Arco de Iquitos genera un abombamiento térmico que corresponde a un Arco Volcánico en la Amazonia peruana en consecuencia de la deformación extensional. En otras palabras, la cuña de la convección de la Astenósfera coincide exactamente con el Arco de Iquitos y produce un gradiente geotérmico (Fig. 2).

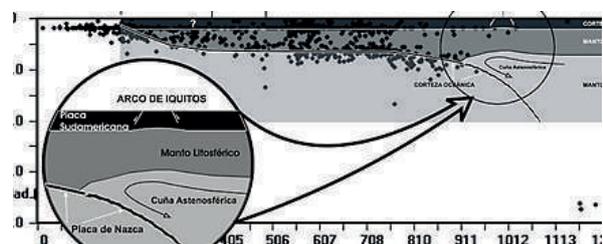


Fig. 2 Configuración actual de la subducción de la placa de nazca y sudamericana, para el nororiente [4].

De esta manera, la hidrodinámica de las cuencas en la selva peruana, que tiene una fuerte recarga de agua fresca en el Oeste debido a la configuración estructural de la Cordillera de los Andes y de la cuenca Amazónica; y en conjunto con el Arco

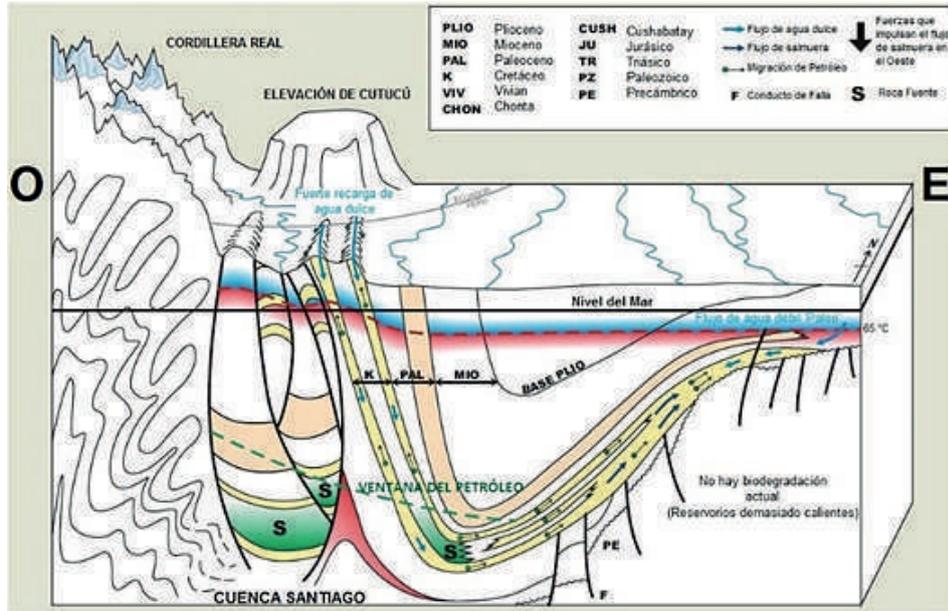


Fig. 3 Hidrogeología petrolera de la cuenca del marañón en la actualidad [1]

de Iquitos, generan recursos geotérmicos (Figura 3).

Por otro lado, se sabe que, en los últimos 10 años, la producción de petróleo en la selva peruana ha ido declinando con un aumento en la producción de agua (Figura 4). Para ilustrar esto, mencionaremos 02 Lotes petroleros de la selva peruana que cuenta con alto potencial geotérmico para ser aprovechado [3]:

Lote 192 (antes Lote 1AB), la temperatura del agua coproducida inyectada en promedio está en 184 °F (84.4 °C), medidos en cabeza de los pozos de inyección. Estas temperaturas son menores que

en la cabeza del pozo productor que registran alrededor de los 100 °C, debido a que los fluidos extraídos recorren las líneas de producción hasta los separadores en las baterías. Este campo petrolero cuenta con un corte de agua de 95 %.

Lote 8, la temperatura de los fluidos extraídos en cabeza de pozo está cerca de los 100 °C. En este campo petrolero se produce más de 400,000 barriles (64,000 m³) por día de volumen de agua. Los volúmenes de agua caliente coproducida en estos campos son inyectados a los reservorios con temperatura promedio de 82 °C. Este campo petrolero cuenta con un corte de agua de 98 %.

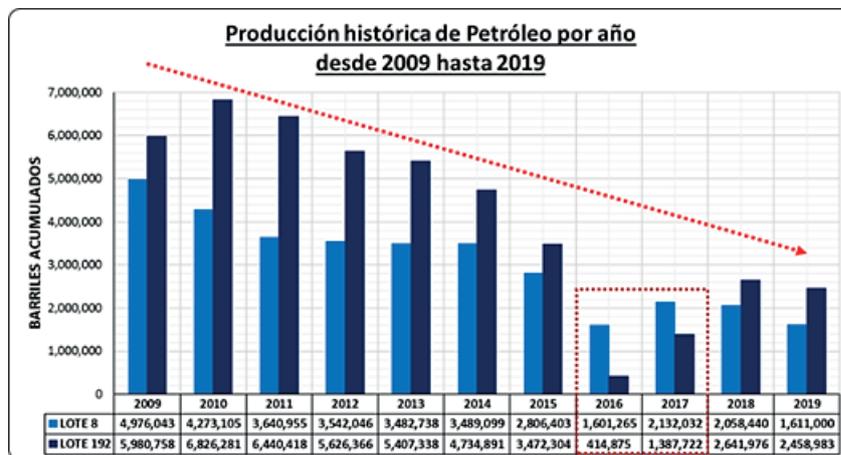


Fig. 4 Depleción de la producción de petróleo en el Lote 8 y Lote 192 (Fuente: Perúpetro).

Por lo explicado anteriormente, los campos petroleros del Lote 8 son apropiados para ser aprovechados y generar electricidad a través de la implementación de la tecnología del ciclo binario, en especial el campo o petrolero Corrientes-Batería 1. Este campo petrolero produce enormes volúmenes de agua caliente conjuntamente con el petróleo con un promedio de 98 % de corte de agua, que son inyectados a los reservorios a través de los pozos de inyección y disposición; la temperatura de los fluidos extraídos en cabeza de pozo en Batería 1 está alrededor de los 100 °. Con el paso del tiempo, este campo puede acondicionarse a un campo geotérmico; así como, el aprovechamiento directo de la energía geotérmica [2].

Campo petrolero Corrientes (% corte de agua)	98.0 %
Caudal	80,000 b/d (147 kg/s)
Temperatura de entrada de geofluidos	95 °C (203 °F)
Capacidad del Módulo Ciclo Binario	1 MW
Energía Generada (anual)	8,640 MWh
Período	8 años
Ingresos equivalente a 1 MW (US\$/año)	\$ 1,320,000
CAPEX - Inversión (US\$)	\$ 5,116,500
OPEX - O&M (US\$/año)	\$ 523,752
TIR	14.4 %
VAN (US\$)	\$ 854,409
COK	10.0 %
PRI (años)	4.6 años (55 meses)
Mitigación anual de CO ₂ (tnCO ₂ eq)	1,252,728
Créditos de carbono (US\$/tnCO ₂ eq)	\$ 0.25
Inflación del dólar (2018 - 2019)	1.02 %

Fig. 5 Flujo de caja del proyecto al implementar el módulo del ciclo binario en el campo petrolero corrientes.

CONCLUSIONES

- La tecnología del ciclo binario permite aprovechar la temperatura de los geofluidos extraídos en los campos petroleros para generar energía eléctrica sin consumo de combustible fósil. Esta tecnología beneficiará en dos aspectos: disminuir el consumo de combustible fósil y mitigar la emanación de los gases de efecto invernadero.
- El módulo del ciclo binario de 1 MW de capacidad ahorrará el consumo de combustible, ahorrando un estimado de \$ 796,248 anuales, y evitará la emanación de 1,252,728 ton de CO₂ aproximadamente a la atmosfera anualmente en el campo petrolero Corrientes-Batería 1.
- Resulta factible y viable implementar la tecnología del ciclo binario geotérmico en el Campo petróleo Corrientes-Batería 1

aprovechando los geofluidos calientes, cuyas temperaturas están en el rango de 80 °C a 180 °C, para generar energía eléctrica, reemplazando los generadores de combustión.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Barson. D. (2002). Marañon Basin Petroleum Hydrogeology Study. Perupetro and Canadian Petroleum Institute. Obtenido de:

<https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/corporativo/13000c8c-19d1-4484-8ca9-1e35adb80d21/Mara%C3%B1on%2BBasin%2BHydrogeology%2BStudy%2C%2BRakhit%2BCons%2B2002.pdf?MOD=AJPERES>
- [2] Cuestas, F. (2019). Aprovechar la temperatura del agua producida en los campos de petróleo de la selva peruana para generar electricidad mediante la tecnología del Ciclo Binario Geotérmico. Obtenido de:

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/18966>
- [3] Cuestas, F. (2021). Pozos petroleros depletados: Una oportunidad para el desarrollo geotérmico en el noreste peruano. Revista Andina, volumen 2, 47-50. Obtenido de:

<https://es.calameo.com/read/006547799531cd30c2f2e>
- [4] Romero, D., Jaimes, F., Tavera, H. J. y Cruz, M. (2008). Nueva hipótesis sobre el origen del Arco de Iquitos, Amazonía del Nororiente peruano. Obtenido de:

<https://es.calameo.com/read/000820129a8a13c7d2f24>