



ENERGÍA GEOTÉRMICA EN LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD PARA LA ARGENTINA

TRABAJO ELABORADO POR MARCOS ALEJANDRO BADRA

RESUMEN

Las plantas geotérmicas aprovechan el calor generado por la tierra. A varios kilómetros de profundidad en tierras volcánicas los geólogos han encontrado cámaras magmáticas, con roca a varios cientos de grados centígrados. Además en algunos lugares se dan otras condiciones especiales como son capas rocosas porosas y capas rocosas impermeables que atrapan agua y vapor de agua a altas temperaturas y presión y que impiden que éstos salgan a la superficie. Si se combinan estas condiciones se produce un yacimiento geotérmico.

En algunas zonas de la Tierra, entre ellas Argentina, las rocas del subsuelo se encuentran a temperaturas elevadas. La energía almacenada en estas rocas se conoce como energía geotérmica. Para poder extraer esta energía es necesaria la presencia de yacimientos de agua cerca de estas zonas calientes. La explotación de esta fuente de energía se realiza perforando el suelo y extrayendo el agua caliente. Si su temperatura es suficientemente alta, el agua saldrá en forma de vapor y se podrá aprovechar para accionar una turbina. Esto posibilita la producción de electricidad a bajo costo y de forma permanente durante un periodo prolongado de tiempo, para suplir las carencias que tiene la Argentina en la actualidad.

Podemos encontrar básicamente tres tipos de campos geotérmicos dependiendo de la temperatura a la que sale el agua:

La energía geotérmica de alta temperatura existe en las zonas activas de la corteza. Su temperatura está comprendida entre 150 y 400°C, se produce vapor en la superficie que enviando a las turbinas, genera electricidad. Se requieren varios parámetros para que exista un campo geotérmico: un techo compuesto de un cobertura de rocas impermeables; un deposito, o acuífero, de permeabilidad elevada, ente 300 y 2.000 metros de profundidad; rocas fracturadas que permitan una circulación convectiva de fluidos, y por lo tanto la trasferencia de calor de la fuente a la superficie, y una fuente de calor magmático, entre 3 y 10 kilómetros de profundidad a 500-600°C. La explotación de un campo de estas características se hace por medio de perforaciones según técnicas casi idénticas a las de la extracción del petróleo.

La energía geotérmica de temperaturas medias es aquella en que los fluidos de los acuíferos están a temperaturas menos elevadas, normalmente entre 70 y 150°C. Por consiguiente, la conversión vapor-electricidad se realiza a un menor rendimiento, y debe utilizarse como intermediario un fluido volátil. Pequeñas centrales eléctricas pueden explotar estos recursos. La energía geotérmica de baja temperatura es aprovechable en zonas más amplias que las anteriores; por ejemplo, en todas las cuencas sedimentarias. Es debida al gradiente geotérmico. Los fluidos están a temperaturas de 60 a 80°C.

La energía geotérmica de muy baja temperatura se considera cuando los fluidos se calientan a temperaturas comprendidas entre 20 y 60°C. Esta energía se utiliza para necesidades domésticas, urbanas o agrícolas. La frontera entre energía geotérmica de alta temperatura y la energía geotérmica de baja temperatura es un poco arbitraria; es la temperatura por debajo de la cual no es posible ya producir electricidad con un rendimiento aceptable 120 a 180°C.

La geotermia es una fuente de energía renovable ligada a volcanes, géiseres, aguas termales y zonas tectónicas geológicamente recientes, es decir, con actividad en los últimos diez o veinte mil años en la corteza terrestre. "La actividad volcánica sirve como mecanismo de transporte de masa y energía desde las profundidades terrestres hasta la superficie. Se relaciona con dos tipos de recursos explotables por el ser humano: la energía geotérmica y algunos tipos de yacimientos minerales, que son depósitos de origen magmático e hidrotermal".

Hacen falta inversiones para crear plantas geotérmicas que permitan extraer a través de pozos agua subterránea que se calienta entre 200 y 300 °C, calor que se aprovecha como energía mientras el agua se regresa al acuífero para no desequilibrar al planeta.

Una reserva con temperaturas entre 110 y 160°C no tiene suficiente calor para producir rápidamente suficiente vapor pero puede ser utilizada para producir electricidad en una central "binaria". En un sistema binario el agua geotérmica pasa a través de un intercambiador de calor, donde el calor es transferido a una segundo líquido que hierve

a temperaturas más bajas que el agua. Cuando es calentado, el líquido binario se convierte en vapor, que como el vapor de agua, se expande a través y mueve las hélices de la turbina. El vapor es luego recondensado y convertido en líquido y utilizado repetidamente. En este ciclo cerrado, no hay emisiones al aire.

ANTECEDENTES GENERALES

Los recursos geotérmicos provienen del calor natural de la Tierra, cuyo flujo promedio mundial es de 82 mW/m², el cual corresponde a un flujo de 99mW/m² en los fondos oceánicos y a 57 mW/m² en los continentes. Este calor natural se manifiesta normalmente en el aumento de la temperatura con la profundidad; este es el gradiente geotérmico que en promedio, a nivel, mundial es del orden de 30° C/Km. De acuerdo con esto, a 2.000 m de profundidad se tendría una temperatura de 60-70°C, lo cual es bastante poco significativo como energía utilizable. Sin embargo, en ciertas regiones de la tierra se presentan flujos calóricos o gradientes geotérmicos mucho mayores que

En el centro de la tierra se producen temperaturas superiores a los mil grados centígrados, esto provoca que exista una corriente de calor que salga hacia la superficie. La salida de estas corrientes se produce en zonas más determinadas de la tierra, que son las que presentan más interés para la explotación de esta energía. Para que se pueda utilizar esta energía es necesario que haya un fluido receptor de la energía calorífica (agua, vapor o ambos). Hay dos tipos de áreas térmicas:

Hidrotérmicas, que contienen agua almacenada en una roca permeable cercana a una fuente de calor.

Sistemas de roca caliente, formados por capas de roca impermeable que recubren un foco calorífico. Para aprovecharlo se perfora hasta alcanzarlo y se inyecta agua fría y ésta se utiliza una vez calentada.

el normal; el calor natural de tales regiones constituye la Energía Geotérmica y está generalmente asociada con actividad sísmica y volcánica.

La tectónica global de placas ofrece una excelente explicación acerca del confinamiento, en zonas o franjas claramente definidas, de los focos sísmicos, las anomalías del flujo calórico y la actividad volcánica. Estas zonas, a su vez coinciden en la mayoría de los casos con los márgenes generativos o destructivos de placas litosféricas. Una de las zonas más importantes a este respecto sigue aproximadamente los márgenes del Océano Pacífico, en la cual se encuentran cerca del 60% de los volcanes del mundo. La energía geotérmica presenta un margen de investigación y métodos de usos en diferentes etapas de desarrollo en la ingeniería y en la economía. Ampliamente, los recursos se encuentran naturalmente en las formas de vapor, agua caliente y piedras calientes y la etapa de desarrollo es dictada por la disponibilidad natural y el costo de extracción. La temperatura puede ser mayor que 200 °C

Todos los recursos geotérmicos son estrictamente no renovables porque el flujo de calor común del centro de la tierra es tan pequeño comparado con la tasa de extracción requeridas por la actividad económica. Hasta en áreas excepcionales donde el flujo de calor puede ser centenas de veces mayor a 200°C la tasa de extracción exigida para soportar una usina de centenas de kilowatts llevará a un gradual agotamiento del campo. El tiempo de vida de un campo geotérmico es de unas décadas, pero el tiempo de recuperación puede llevar siglos. Pero los campos pueden

ser extensos y pueden proveer trabajo fijo por muchos años.

En las últimas décadas la ciencia de la geofísica avanzó aceleradamente, y nuestro conocimiento de la estructura del planeta ha crecido. En particular la teoría de las placas tectónicas permitió una comprensión del porqué ciertas regiones tienen mayor actividad volcánica y sísmica que otras. Las técnicas y la tecnología también mejoraron.

Los gradientes de temperatura varían ampliamente sobre la superficie de la tierra. Esto es el resultado del derretimiento local debido a la presión y fricción y a los movimientos de las placas vecinas unas contra otras. Siendo así, podemos encontrar un flujo de

USOS

Balnearios

Esta es la forma más antigua de aprovechamiento de la energía geotérmica. Floreció en la antigua Roma con sus famosas termas, situadas cerca de manantiales de agua caliente o termales.

Calefacción y agua caliente sanitaria

Los acuíferos para estos usos van de los 30 a los 150 grados centígrados. En Islandia, el país con mayor actividad geotérmica del mundo, el 99% de las viviendas utilizan la energía geotérmica para esta finalidad.

Producción de electricidad

Se logra electricidad haciendo pasar el vapor generado a través de una turbina conectada a un generador. Este vapor se enfría luego en un condensador y una vez licuado se inyecta de nuevo al acuífero volviendo a comenzar el ciclo. La explotación eléctrica de la geotérmica comenzó a finales del siglo XIX en Italia. Un siglo más tarde, más de 20 países extraen parte de su electricidad de las aguas termales que alcanzan temperaturas de entre 180 a los 350 grados centígrados.

Agricultura y acuicultura

Esta energía caliente
invernaderos, piscifactorías
etc

magma por debajo. La localización de las placas vecinas también corresponden a regiones donde son encontradas actividades volcánicas.

El calor medido cerca de la superficie surge del magma, pero otros factores también pueden afectar el flujo de calor y gradiente térmico. En algunos casos, la aparición de fuente de agua natural perturba el patrón del flujo de calor y en otros casos se piensa que la liberación de gases calientes de rocas fundidas puede aumentar el flujo. Otro mecanismo importante es generación de calor de isótopos radioactivos de elementos tal como uranio y potasio. Este mecanismo no es completamente comprendido, pero ciertas áreas de la corteza han sufrido derretimientos sucesivos y recristalización con el tiempo y eso condujo a la concentración de estos elementos a ciertos niveles de la corteza. En una menor extensión, reacciones químicas exotérmicas también pueden contribuir para el calentamiento local.

ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS GEOTÉRMICOS

Los antecedentes aportados por las investigaciones geológicas, geofísicas y geoquímicas de una gran cantidad de sistemas geotérmicos permiten construir un modelo básico de la estructura de estos sistemas. Aún cuando cada sistema difiera en cierta medida de los otros, su ocurrencia está condicionada por los siguientes factores básicos:

- **Fuente de Calor:** Corresponde generalmente a un cuerpo de magma a unos 600-900°C emplazado a menos de 10 km de profundidad, desde el cual se trasmite el calor a las rocas circundantes.
- **Recarga de agua:** El agua meteórica o superficial debe tener la posibilidad de infiltrarse en el subsuelo, a través de fracturas o rocas permeables, hasta alcanzar la profundidad necesaria para ser calentada.
- **Reservorio:** Es el volumen de rocas permeables a una profundidad accesible mediante perforaciones, donde se almacena el agua caliente o el vapor, que son los medios para utilizar el calor.
- **Cubierta impermeable:** Impiden el escape de los fluidos hacia el exterior del sistema, usualmente corresponde a rocas arcillosas o a la precipitación de sales de las mismas fuentes termales.

TIPOS DE SISTEMAS GEOTÉRMICOS

De acuerdo, principalmente con la recarga del agua y la estructura geológica del sistema, estos pueden dividirse en:

Sistemas de agua caliente: Cuyos reservorios contienen agua a temperaturas entre 30 y 100°C. Sistemas de este tipo son utilizados en la actualidad para calefacción y agroindustria principalmente.

Sistemas de agua - vapor: Denominados también de vapor húmedo, contienen agua bajo presión a temperaturas superiores a 100°C. Este tipo de sistemas geotérmicos es el más común y de mayor explotación en la actualidad, pueden alcanzar temperaturas de hasta 350°C

Sistemas de vapor seco: O de vapor dominante, producen vapor sobrecalentado, la separación de la fase gaseosa se produce dentro del reservorio; el grado de sobrecalentamiento puede variar entre 0 y 50°C. Estos sistemas son poco comunes; como ejemplos de ellos se tienen Larderello y Monte Amiata (Italia), The Geysers (California) y Matsukawa (Japón).

Sistemas de rocas secas calientes: Corresponden a zonas de alto flujo calórico, pero impermeables de tal modo que no hay circulación de fluidos que pueden transportar el calor. En Estados Unidos se ha desarrollado un proyecto con el objeto de crear artificialmente el reservorio al cual se le podría introducir agua fría y recuperar agua caliente o vapor (Los Alamos, Nuevo México).

Utilización de los recursos geotérmicos

Desde la antigüedad las fuentes termales han sido utilizadas como baños, especialmente por sus posibles efectos medicinales. Algunos pueblos también las utilizaron para obtener agua potable a partir de los condensados del vapor, y para cocer sus alimentos; los minerales asociados a la actividad hidrotermal como el azufre, los travertinos, los caolines, las limonitas y óxidos de hierro fueron tradicionalmente extraídos de estas fuentes.

Sin embargo, el descubrimiento de sales de Boro en las manifestaciones termales de Larderello (Italia) a fines del siglo XVIII, marcó el inicio de la utilización industrial de los recursos geotérmicos. La industria del ácido bórico que se inicia en 1812, dio paso por primera vez en 1904 a la generación de electricidad a partir del vapor geotérmico. En 1913 se pone en funcionamiento una central de 250 KW; desde entonces Italia ha ido incrementando su capacidad hasta alcanzar, en 1995, una potencia instalada de 632 MW.

Alrededor de 1920 se hicieron pozos exploratorios en: Beppu (Japón) donde en 1924 se instaló una planta experimental de 1 KW; en The Geysers y Niland (California) proyecto que fue abandonado por falta de mercado para la electricidad; en El Tatio (Chile) donde se perforaron 2 pozos hasta unos 60 m. de profundidad, este proyecto fue abandonado por problemas financieros. En la década del 30 se efectuaron perforaciones en Reykjavik y Reykim (Islandia) donde el agua caliente captada se empezó a utilizar para calefacción ambiental. Con este mismo objeto se hicieron los primeros sondajes en 1940, en Rotorúa (Nueva Zelanda).

A partir de la década de los 60 se inicia, en diversas partes del mundo, una intensa actividad de investigación y exploración de los recursos geotérmicos, con el objeto de utilizarlos ya sea como energía calórica o bien para la generación de electricidad. Es así como en 1995 la capacidad instalada de plantas geotermoeléctricas alcanzaba a 6.790 Mwe, (Huttrer, 1995) proyectándose para el año 2000 una capacidad de 9.960 Mwe. En cuanto a usos directos de la energía geotérmica, ya sea para calefacción, procesos industriales o agropecuarios, alcanzaba según Freeston, 1995, a una magnitud equivalente a 8.300 Mwt.

ENERGÍA GEOTÉRMICA DE LOS ACUÍFEROS

La palabra acuífero se aplicara a aquellos sistemas de aguas calientes o zonas de vapor o como un geyser o humo que quiebra la superficie.

El primer esfuerzo para generar electricidad de fuentes geotérmicas ocurrió en 1904 en Lardarello. A pesar de los esfuerzos para producir una maquina para aprovechar las fuentes, fracasaron por las consecuencias de los ataques químicos que las maquinas sufrían.

En 1913 una estación de 250 KW fue construida con éxito, pero fue destruida por la Segunda Guerra Mundial.

En Nueva Zelanda el campo de gases en las islas del nortes fueron desarrollados alrededor de 1950 e en 1964, 192 MK estaban produciendose. Esta zona esta ahora agotada.

El campo de geyser en California estaban produciendo 500 MK de electricidad en 1970.

Países como México, Japón, Filipinas, Islandia y Kenia han expandido la producción de electricidad por medios geotérmicos.

EXTRACCIÓN DEL FLUIDO

Una vez que se dispone de pozos de explotación se extrae el fluido geotérmico que consiste en una combinación de vapor, agua y otros materiales. Éste se conduce hacia la planta geotérmica donde debe ser tratado. Primero pasa por un separador de donde sale el vapor y la salmuera y líquidos de condensación y arrastre, que es una combinación de agua y materiales. Esta última se envía a pozos de reinyección para que no se agote el yacimiento geotérmico. El vapor continúa hacia las turbinas que con su rotación mueve un generador que produce energía eléctrica. Después de la turbina el vapor es condensado y enfriado en torres y lagunas.

La energía geotérmica tiene varias ventajas: el flujo de producción de energía es constante a lo largo del año ya que no depende de variaciones estacionales como lluvias, caudales de ríos, etc. Es un complemento ideal para las plantas hidroeléctricas. El vapor producido por líquidos calientes naturales en sistemas geotérmicos es una alternativa al que se obtiene en plantas de energía por quemado de materia fósil, por fisión nuclear o por otros medios. Las perforaciones modernas en los sistemas geotérmicos alcanzan reservas de agua y de vapor, calentados por magma mucho más profundo, que se encuentran hasta los 3.000 metros bajo el nivel del mar. El vapor se purifica en la boca del pozo antes de ser transportado en tubos grandes y aislados hasta las turbinas. La energía térmica puede obtenerse también a partir de géiseres y de grietas.

Es interesante notar en que condiciones un acuífero iría a fluir espontáneamente se es conectado con la superficie natural o artificialmente por medio de una perforación. Se un hoyo geotérmico o una fisura natural conectado al campo con la superficie y lleno de agua es idealizado en la forma de un largo tubo de paredes aislantes, calentado por agua hirviendo en el fondo, es posible ver porque los campos hipertérmicos algunas veces fluyen espontáneamente con la emisión de vapores.

Campos geotérmicos secos fluirán generalmente sin estímulos por causa de la presión de vapor adicionada con la presión de agua. Eso ha sido observado en los geysers de California cuando el vapor emitido es super calentado. La tasa de extracción de un campo geotérmico influye en su vida útil, los campos son explotados cautelosamente en un comienzo. Un método que en un principio asegura que el agua del campo no se agotará rápidamente es la reinyección del agua dentro del acuífero. Este método es caro y puede llevar a una disminución de la temperatura dentro del acuífero. Por otro lado tiene la ventaja de minimizar los efectos ambientales.

Todavía hay dudas técnicas al respecto de la posibilidad de la reinyección, particularmente en los acuíferos presurizados. Los problemas dependen mucho de las condiciones locales, pero esta crece la evidencia de que la reinyección puede ser realizada por los efectos de la

gravedad. Reinserciones exitosas fueron realizadas en Japón, Francia, El Salvador y otros Países.

Perforación.

A pesar de la información geológica, mediciones de flujo de calor, y el uso de herramientas geofísicas, como estimaciones geoquímicas, son importantes en la exploración de áreas con potencial geotérmico. Muchas veces deben realizarse numerosas perforaciones para confirmar evidencias indirectas para comenzar la producción.

La profundidad de la perforación depende de la naturaleza del campo geotérmico. En campos hipertérmicos, es generalmente necesario perforar a una profundidad de 500 a 2000 mts y en los campos semitermicos o poco térmicos se debe perforar un poco más. El costo de perforación es muchas veces uno de los factores determinantes en la instalación de una usina geotérmica.

Por lo general las técnicas para las perforaciones son aquellas usadas para la extracción de petróleo o gas. Aunque las altas temperaturas requieren procedimientos

especiales.

El éxito de las perforaciones depende de algunos factores como: buena temperatura y presión, función de la tasa de calor, entalpía del fluido, composición química.

En centrales geotérmicas, el vapor y el calor y el agua caliente de las reservas geotérmicas proporcionan la fuerza que hace girar los generadores de turbina y produce electricidad. El agua geotérmica utilizada es posteriormente devuelta a inyección al pozo hacia la reserva para ser recalentada, para mantener la presión y para sustentar la reserva.

Hay tres tipos de centrales geotérmicas. El tipo que se construya depende de las temperaturas y de las presiones de la reserva. Una reserva de vapor "seco" produce vapor pero muy poca agua. El vapor es entubado directamente en una central de vapor "seco" que proporciona la fuerza para girar el generador de turbina. El campo de vapor seco más grande del mundo es The Geysers, unas 90 millas al norte de San Francisco. Una reserva geotérmica que produce mayoritariamente agua caliente es llamada "reserva de agua caliente" y es utilizada en una central "flash". El agua que esté entre 130 y 330°C es traída a la superficie a través del pozo de producción donde, a través de la presión de la reserva profunda, algo del agua se convierte inmediatamente en vapor en un "separador". El vapor luego mueve las turbinas.

ENERGÍA GEOTÉRMICA, UN RECURSO PARA CUBRIR NECESIDADES ENERGÉTICAS ARGENTINAS.

(Fragmento adaptado del Diario La Nación)

Los yacimientos abundan en la Argentina. Entre las vías para salir del apuro energético que se barajan en el Ministerio de Planeamiento y algunos organismos del sistema científico figura la construcción de una central geotérmica de 100 megavatios en las termas de Copahue, Neuquén. Este aparato mediano sería vecino de una central experimental de 0,67 megavatios que se levantó en 1988 con dinero japonés... y que no está en servicio. Copahue II, capaz de iluminar una ciudad de 15.000 habitantes, podría construirse y entrar en línea dentro de apenas dos años. Pero, además, podría ser la punta de lanza de varios otros aprovechamientos similares. La idea es transformar los muchos yacimientos de calor subterráneo de la Argentina en corriente eléctrica de alta disponibilidad, bajo costo y escaso impacto ambiental.

¿Qué ventajas tendría la electricidad geotérmica en el contexto argentino actual? "La construcción es rápida y muy barata, y el combustible lo pone la Pacha-Mama", sintetiza el doctor Gustavo Bianchi, jefe de desarrollos de la firma de servicios petroleros San Antonio Pride y asesor científico de la Cámara de Diputados, que empuja el proyecto Copahue II en el Ministerio de Planeamiento.

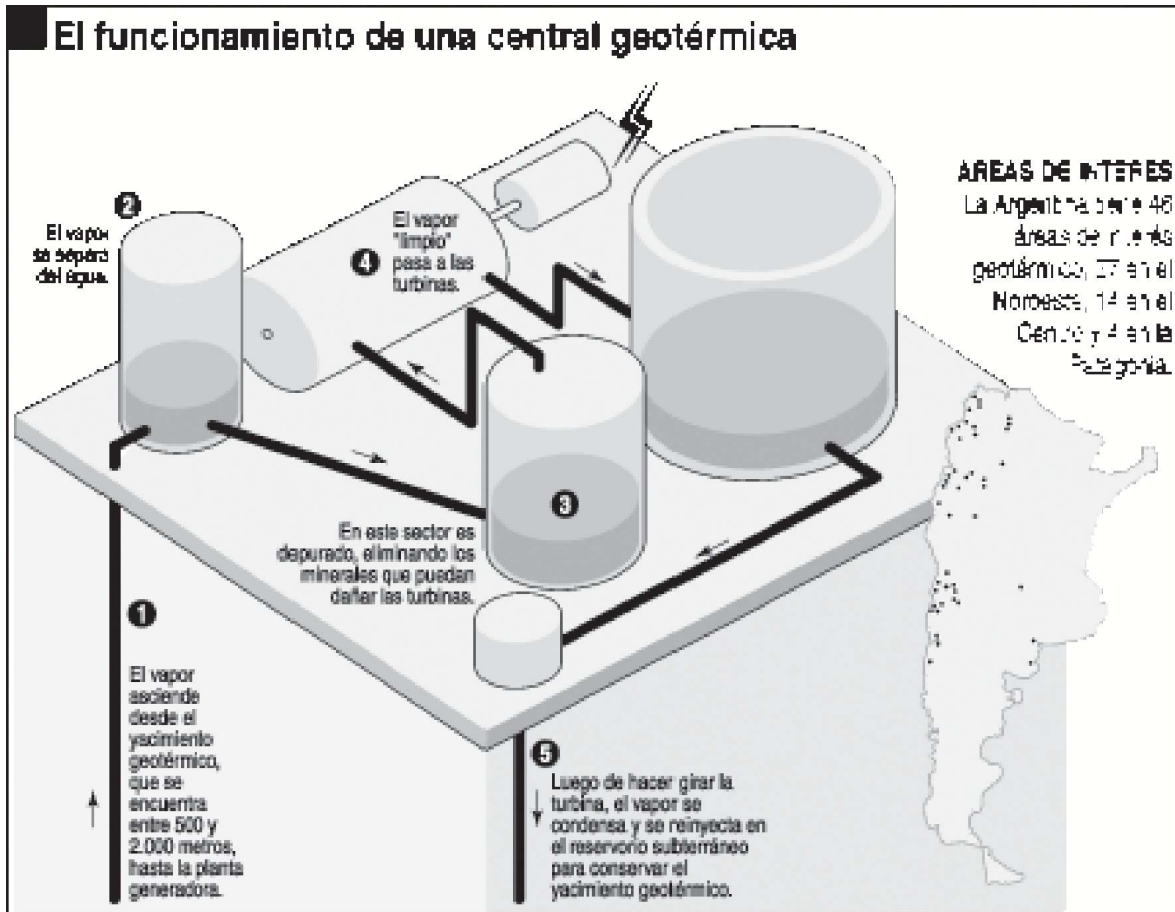
Los yacimientos de calidad -explica el doctor Rubén Etcheverry, ingeniero y ex subsecretario de energía de Neuquén- son frecuentes en el área cordillerana, tanto en la Argentina como en Chile, porque allí el vulcanismo y las montañas combinan los dos "insumos" geotérmicos básicos: rocas subterráneas bien calientes y mucha agua en el subsuelo, que proviene de nieves permanentes o abundante lluvia.

En un informe reciente de la revista de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), los licenciados Oscar Haluska y Matías Perri y el ingeniero Daniel Tangir explican que la región cordillerana abunda también en yacimientos de "media entalpía", con aguas subterráneas de entre 75 y 150 grados, que obligan a complicar la ingeniería. En lugar de usarse directamente en la turbina, este fluido más frío puede caldear un "circuito secundario cerrado" donde se evapora isopentano (un hidrocarburo que pasa fácilmente de líquido a gas y se expande mucho), y eso es lo que activa la turbina.

Aun con su mayor complejidad, las centrales geotérmicas de media entalpía siguen siendo sencillas y económicas. Bianchi cree que Copahue II no costaría más de 600 dólares por kilovatio instalado.

Hasta las grandes llanuras sedimentarias argentinas, donde la gente sólo ve volcanes en los documentales de la TV, tienen yacimientos geotérmicos "de baja entalpía", con temperaturas de entre 20 y 75 grados. Estos también pueden aliviar la crisis: según

Haluska, Perri y Tangir, al pre-calefactar el agua usada por centrales locales de gas, bajarían drásticamente el uso de este combustible súbitamente escaso. Y aun así, debido a que la ingeniería geotérmica es tan elemental, la electricidad de ese origen en Europa cuesta entre 5 y 9 centavos de euro el kilovatio/hora, más o menos lo mismo que la eólica. Pero Italia -el primer país del mundo que aprovechó esta fuente de potencia- calcula que podrá bajar el precio a 3,5 centavos para 2010 con un poco de economía de escala (centrales mayores). "Si fabricamos aquí las



turbinas, podemos literalmente pulverizar estos precios", desafía Bianchi, experto en bajar costos tecnológicos. Sobran lugares de alta entalpía donde poner a prueba tal desafío: no muy lejos de Copahue, siempre en Neuquén, está el volcán Domuyo. Pero también está el área volcánica de Tuzgle, entre Salta y Jujuy, o el Valle del Cura, en San Juan. Son todos sitios bien evaluados, con estudios de prefactibilidad, como también los son Bahía Blanca o Río Valdez, en Tierra del Fuego.

La central italiana de Lardello ya tiene un siglo en servicio. Estados Unidos tiene 2700 megavatios geotérmicos instalados; México le sigue en América, con 960; Filipinas tiene 2000, e Indonesia, 1080. El Salvador y Costa Rica ostentan 165 y 170, respectivamente. Estos países muestran que sólo se requieren vulcanismo, agua, cierta ingeniería... y la necesidad. Hasta ayer, era lo único que faltaba en la Argentina. (Por Daniel Arias, LA NACION)

Distribución y población

"Lo que me gusta más de un posible emprendimiento geotérmico es volver a diversificar la grilla energética argentina -dice la diputada Marina Cassese, de la Comisión de Energía de la Cámara Baja, hoy una adalid de Copahue II-. En los 80 nos hicimos casi monodependientes de los ríos -explica-, pero en el 87 dejó de llover... y se nos apagó la luz. En los 90, fue apostar todo al gas, pero se dejó de explorar y perforar... y volvemos a lo mismo. Hoy el 90 por ciento de la electricidad argentina depende del gas o del agua: terrible brete, porque ahora faltan gas y agua, todo al

mismo tiempo.

"Tenemos 42 áreas de interés geotérmico en el país -sigue Cassese-, casi todas a tiro de ciudades o industrias. No es un tema menor: muchos de los electroductos de larga distancia del país están saturados, no pueden llevar más corriente."

Según Bianchi, "al revés de lo que pasa con el gas, los ríos represables o el viento, la distribución del recurso geotérmico sobre el territorio no contraría la de la población. Hay enchufes geotérmicos posibles a tiro de casi cualquier gran ciudad del NOA o del centrooeste", dice el experto.

PENETRACIÓN EN EL MERCADO

(Información extraída de documento "Simulación Preliminar del Desempeño de Centrales Eléctricas Geotérmicas" de la Universidad de Chile)

El nivel de penetración y potencial de la geotermia a nivel mundial se puede encontrar en diversas fuentes y utilizando distintos índices, no siempre coincidentes. Sin embargo, existe consenso en que la producción de electricidad mediante el uso de geotermia no ha experimentado un crecimiento importante en la última década, con un crecimiento anual promedio de cerca del 1% . A continuación, un conjunto de referencias que sostienen las conclusiones en lo que se refiere a aplicaciones de la energía geotérmica para la generación de electricidad :

- La geotermia actualmente es la tercera fuente de mayor importancia de energía primaria renovable con un 9.3%, después de las plantas hidráulicas (35.6%) y de la biomasa sólida con un 45.4%.
- En el mundo existen alrededor de 8000 MWe y 4000 MWt de potencia GT instalada. De estas cifras, en 18 puntos de extracción, 2800 MWe y 600 MWt se ubican en Estados Unidos de Norteamérica (USA) [1, 12]. USA produce un 44.6% (14678 GWh) de la energía geotérmica eléctrica del mundo en el año 2000, seguido de Méjico (5901 GWh) e Italia (4705 GWh).
- En USA la producción eléctrica mediante geotermia ha disminuido de 16525 GWh en 1990 a 14678 GWh en el año 2000. Sin embargo, países como Islandia han presentado tasas de crecimiento de 16.7% pasando de 283 GWh a 1323 GWh en igual periodo.
- La mayor planta de generación geotérmica está ubicada en la parte norte de California, USA. Esta planta alcanzó su máximo de potencia instalada en 1989 con 1967 MWe. Esta capacidad ha declinado a cerca de 1100 MWe en el 2000.
- Se argumenta que el nivel de penetración puede ser mejorado sustancialmente en la medida que exista una cultura en su uso, que permita aprovechar y prolongar al máximo la utilización del recurso.
- Los beneficios de la opción geotérmica son de mediano plazo, por lo que es necesario entregar un marco regulatorio estable y claro para la exploración y explotación de los yacimientos.
- En USA, los estados con mayor cantidad de instalaciones de GT son California (7.3% de la demanda), Nevada y Utah; con gran potencial en los estados de Idaho [2], New Mexico, Arizona, Oregon y Wyoming. Se espera que en la próxima década se desarrollen proyectos por 15000 MWe en USA [1]. Actualmente, la geotermia corresponde a nivel de USA a un 0.4 % de la energía eléctrica consumida.
- Actualmente, la GT representa alrededor el 0.26% de la capacidad de generación eléctrica instalada a nivel mundial.
- Existe una cantidad importante de grupos económicos asociados a GT. Información detallada se encuentra en: U.S. Department of Energy Renewable Electric Plant Information System (REPiS Database) online y Global Energy Marketplace. Para buscar fabricantes de estas tecnologías se recomienda utilizar el buscador de James & James (Science Publishers), the World Renewable Energy Suppliers and Services. En USA pueden mencionarse las siguientes empresas líderes: Calpine Corporation, Caithness Energy, Cal Energy Company (a subsidiary of Mid American Energy Holding Company), Ormat International, Inc.
- A nivel Latinoamericano, la experiencia de Nicaragua es de interés. Los primeros

estudios para aprovechar la energía geotérmica se iniciaron en Nicaragua a finales de los años '60, para tomar un gran impulso a partir del año 1973, cuando la crisis del petróleo impactó negativamente en la balanza comercial del país. La explotación comercial de este recurso comenzó en el año 1983, con la puesta en operación de la planta geotérmica de Momotombo, la cual tiene actualmente una capacidad de 70 MW. Para la integración de este recurso se desarrolló un plan maestro que incluía todos los aspectos regulatorios necesarios. Los recursos geotérmicos en este país se calculan en 3000 MWe. El desarrollo actual de la geotermia en Nicaragua se ve fuertemente comprometido por la falta de inversión en el sector, lo que ha llevado a paralizar y a operar en forma defectuosa instalaciones existentes.

- A nivel sudamericano se dispone de la siguiente información: el desarrollo en Argentina es muy bajo, limitándose a plantas experimentales. En Ecuador, existe 1 proyecto GT de algunos MWe para los próximos 10 años.

CONSIDERACIONES AMBIENTALES

El uso de esta tecnología es un medio eficiente para minimizar la contaminación en la producción de energía. Una planta de este tipo produce 1/6 de las emisiones de CO₂ de una central térmica a gas natural por kWh producido, por lo que generalmente cumple con los límites de emisión permitidos.

Debido a la naturaleza, la energía geotérmica es una de las fuentes más benignas de electricidad. Por causa de los altos índices de desperdicios que ocurren cuando el fluido geotérmico es transmitido a largas distancias a través de ductos, la energía debe ser utilizada en el lugar del campo geotérmico. De esa manera se minimiza el impacto ambiental.

Hay, a pesar de esto, ciertos problemas que deben ser atendidos en general y otros que son bien específicos de la naturaleza del sitio que dependen de las características del fluido y de la aplicabilidad del lugar en materia de las reglamentaciones y reglas de protección ambiental.

Contaminación del aire.

Aproximadamente todos los flujos geotérmicos contienen gases disueltos, estos gases son liberados a la atmósfera de alguna manera. La descarga de vapor de agua y dióxido de carbono no son de importancia. Por otro lado, el olor desagradable y las características corrosivas del H₂S son causa de preocupación. En los casos donde la concentración de H₂S es relativamente baja, el olor de huevo podrido del gas causa náuseas, en concentraciones más altas puede causar serios problemas a la salud. Un ser humano puede detectar concentraciones de H₂S en minutos, 0,030 ppm es el límite normal. Las concentraciones de 667 ppm puede causar la muerte rápidamente. En algunos casos la concentración de H₂S en el lugar de la usina geotérmica puede dar un orden de 1 ppm. En la mayoría de las usinas son construidas cerca de áreas de fuentes calientes que naturalmente son caracterizadas por los olores sulfurosos. Con la instalación de un sistema de tratamiento para los gases no condensados antes de ser liberados a la atmósfera. Además el vapor condensado debe ser tratado si se encuentra cantidades significativas de H₂S en el condensador.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

Las principales ventajas son económicas y ambientales ya que se trata de una energía autóctona evita la dependencia energética de otros países y los residuos que se generan son mínimos con respecto a las otras energías convencionales.

Los inconvenientes son que los yacimientos hidrotermales tienen que ser tratados para su uso con el fin de evitar la emisión de gases y otras sustancias químicas (mercurio y compuestos de azufre) que llevan consigo y así evitar que contaminen la atmósfera.

Contaminación del Agua

Debido a la naturaleza mineralizada de los fluidos geotérmicos y a la exigencia de disposición de fluidos utilizados, hay posibilidades de contaminar las aguas próximas de la usina. Es común encontrar arsénico, mercurio o boro en pequeñas, pero ambientalmente cantidades significantes de tales metales. La descarga libre de los líquidos puede resultar en la contaminación de ríos, lagos, etc.

- La contaminación de las primeras napas de agua subterránea puede provenir de:
- Líquidos utilizados en la etapa de perforación
- Infiltraciones por orificios en las paredes del pozo en la etapa de re-inyección, las que hacen que el líquido contaminado escurra hacia las primeras napas de agua subterránea.
- Fallos en la impermeabilidad de las piletas de evaporación, y sus consecuentes infiltraciones

Para mitigar estos daños, es posible el tratamiento de los fluidos antes de su descarga, evitando el ingreso de metales nocivos al medio natural. Todas estas situaciones problemáticas pueden ser evitadas, con diseños de planta apropiados y con monitoreos periódicos de las napas subterráneas. Es importante trabajar con controles de calidad principalmente en la etapa de perforación y construcción.

Depresión del acuífero

Los niveles de agua subterránea pueden ser deprimidos bajo ciertas condiciones, principalmente en plantas de aprovechamiento de energía geotérmica que trabajan altas temperaturas. Estas situaciones pueden ser evitadas controlando y manteniendo la presión de las reservas de agua.

Los niveles de agua también pueden disminuir como consecuencia de rupturas en las paredes de pozos en desuso, esta situación se puede prevenir, monitoreando el estado de estos pozos y reparándolos rápidamente ante cualquier problema.

Hundimiento o subsidencia del terreno

En los emprendimientos geotérmicos, los fluidos geotérmicos son retirados de los acuíferos a una tasa mayor que la entrada natural de líquido hacia el mismo. Esto puede compactar las formaciones rocosas en el lugar llevando a el hundimiento del terreno. Hay muy poco para hacer al respecto, lo único que se puede hacer para evitar estos efectos es mantener la presión del acuífero.

Contaminación sonora

Los tests de perforación de las fuentes son operaciones inherentemente ruidosas. Si estas operaciones pueden ser oídas por una población cercana, entonces los métodos de mitigación deben ser empleados. Silenciadores y contenedores de vapor son simples y fáciles de ser instalados. Por lo general las áreas geotérmicas son distantes de centros urbanos, pero se puede contemplar esta medida si los sonidos perjudican a la fauna local.

Contaminación Térmica

Prácticamente no existe contaminación térmica como en el caso de otras usinas de combustibles fósiles o nucleares. La pérdida de calor es para la atmósfera, desde que las torres de enfriamiento son medios de reinyección del calor utilizado en la usina.

Uso del suelo

Las plantas de aprovechamiento de la energía geotérmica deben ser construidas sobre sitios específicos. En caso de que estos sitios también tengan alto valor paisajístico, las estructuras que están sobre tierra pueden causar impacto visual. Es positivo que el aprovechamiento de la energía geotérmica, a su vez permite que en el mismo terreno donde se encuentran estos emprendimientos se desarrollen otros usos del suelo diferentes. La superficie utilizada puede ser menor en el caso de que se utilicen técnicas de perforación direccional.

Impacto Visual

Las plantas de aprovechamiento de la energía geotérmica, suelen pasar casi desapercibidas en el terreno. Lo que ocurre es que muchas veces su impacto visual es significativo porque los sitios de alto valor geotérmico se suelen superponer en el espacio a sitios de gran valor natural y paisajístico.

También pueden contener atracciones turísticas como ser géiseres y zonas de piletas naturales con aguas termales. La fase de explotación de estos emprendimientos de aprovechamiento de la energía de la tierra hace que la presión del acuífero decline por lo que las atracciones antes mencionadas pierden caudal y los turistas acuden en menor número a estas zonas.

Potenciales sucesos catastróficos

Los principales sucesos catastróficos que pueden ocurrir en una planta de aprovechamiento de la energía geotérmica son:

A. En zonas con alta actividad tectónica, la re - inyección de fluidos en el terreno durante la explotación de las reservas puede aumentar la frecuencia de pequeños terremotos en la zona. Estos efectos pueden ser minimizados reduciendo las presiones de re- inyección al mínimo y asegurando que los posibles edificios afectados por los movimientos sísmicos estén preparados para soportar la intensidad de estos terremotos. La actividad sísmica de mayor intensidad podría causar filtraciones de fluidos a algunas partes indeseadas del sistema.

B. La voladura o explosión de los pozos eran sucesos comunes en las primeras épocas de la perforación en profundidad, pero en la actualidad es muy extraño que alguno de estos sucesos ocurra. Su frecuencia puede aún ser minimizada a través del uso de equipos de prevención de voladuras y utilizando correctos procedimientos de perforación.

C. Las erupciones hidrotermales son extrañas y ocurren cuando la presión de vapor en los acuíferos se intensifica y eyecta hacia arriba la tierra que lo cubre, creando un cráter. Mantener la presión en las reservas puede ayudar a reducir la frecuencia de la ocurrencia de erupciones, también se deben evitar las excavaciones en terrenos con actividad termal.

D. Muchos de los emprendimientos de aprovechamiento de la energía geotérmica se encuentran en terrenos accidentados y es por eso que son más susceptibles que un terreno llano a deslizamientos del suelo. Esto puede ocasionar graves accidentes si las rocas que caen dañan las cabezas de los pozos o las tuberías, lo que podría resultar en el escape de vapores y líquidos a alta temperatura. La posibilidad de ocurrencia puede ser minimizada estabilizando todas las pendientes susceptibles de sufrir deslizamientos de tierra, aunque esto podría aumentar el impacto visual del emprendimiento.

CONCLUSIÓN

Para la utilización de energía geotérmica con fines prácticos se requiere la conjunción de una serie de factores: geológicos (o físicos), tecnológicos, económicos, sociales e incluso políticos, los cuales condicionan la posibilidad de explotar esta energía en una determinada zona.

Entre los factores geológicos o físicos es necesario considerar la distribución de la temperatura en profundidad, la permeabilidad de las rocas, el estado físico (agua o vapor) de los fluidos, el factor de recuperación de los mismos y la profundidad a la cual las perforaciones podrían captarlos. Los factores tecnológicos conciernen a la perforación de pozos y extracción de los fluidos y, a su posterior transporte y utilización. Los factores económicos, sociales y políticos dicen relación con el valor económico y social de las distintas aplicaciones de la energía geotérmica, la disponibilidad local de otras fuentes energéticas alternativas y el tipo de política energética nacional.

De acuerdo con los estudios realizados a la fecha, efectivamente existen recursos

geotérmicos susceptibles de ser utilizados ya sea en la generación de electricidad o bien, para ser empleados en forma directa en diversos tipos de aplicaciones. Sin embargo, para lograr un desarrollo y aplicación de este recurso es necesario llevar a cabo programas de investigación pendientes a su localización, caracterización y evaluación.

El desarrollo sustentable no es un estado permanente de equilibrio, pero sí de cambios en cuanto al acceso a los recursos y la distribución de costos-beneficios. Es por tanto, un proceso de transformación en el cual la explotación de los recursos, la dirección de las investigaciones, la orientación del desarrollo tecnológico y el cambio institucional armonizan y refuerzan el potencial presente y futuro, a fin atender las necesidades y las aspiraciones humanas.

Hace varias décadas en numerosos Países antes citados se aprovechan las fuentes geotérmicas. Con el pasar del tiempo la tecnología vino por un nuevo rumbo a la exploración de la energía geotérmica. En el presente se presenta ante la crisis energética en la Argentina y el mundo como una energía renovable, de fácil utilización, económica y ambientalmente compatible. La producción de energía eléctrica a partir de este recurso, tendría como consecuencia el ahorro de otras fuentes de energía, en este momento escasas y altamente contaminantes. Con la adecuada planificación y creación de nuevas tecnologías, y junto a incentivos gubernamentales, tenemos todas las características para la exploración de esta energía alternativa, mas económica y renovable.

BIBLIOGRAFIA:

Material de cátedra (Eugenia Alaniz)

Energias Renováveis "Energias de Ontem, Aplicações de Amanhã" (Nuno Assis y Filipe Pinto)

Simulación Preliminar del Desempeño de Centrales Eléctricas Geotérmicas y Eólicas (DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS UNIVERSIDAD DE CHILE)

Tendências Tendências geotérmicas geotérmicas para para energia energia e saúde saúde

(Werner Bussmann e Burkhard Sanner)

Dicionário Ilustrado das Maravilhas Naturais do Mundo

LA ENERGIA GEOTERMICA: POSIBILIDADES DE DESARROLLO EN CHILE (Alfredo Lahsen Azar)

INFORME DE IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES PROYECTO GEOTERMICO MIRAVALLS III

Energía minihidráulica Proyecto RES & RUE Dissemination

Aproveitamento da Energia Geotérmica (Freitas)

<http://www.ecofield.com.ar/index.htm>

<http://www.odebate.com.br/>

<http://www.inovacaotecnologica.com.br/index.html>

<http://www.lanacion.com.ar>

<http://www.soaresoliveira.br/projetoenergia.em/geo.html>

http://planeta.terra.com.br/educacao/br_recursosminerais/recursos.html

<http://www.panoramaenergetico.com/>