

ESTUDIO DEL POTENCIAL GEOTÉRMICO DE LA PROVINCIA DE GRANADA

Autor(es) de la comunicación: SEGURA ZAMORA, Emmanuel ⁽³⁾; MARTÍN ROSALES, Wenceslao ⁽³⁾; ESTEBAN LÓPEZ, Gonzalo ⁽²⁾ y GARCIA MARTINEZ, Francisco Javier ⁽¹⁾ .

⁽¹⁾ Diputación de Granada, ⁽²⁾ Agencia Provincial de la Energía de Granada (Diputación de Granada) ⁽³⁾ Universidad de Granada

Palabras clave: Geotermia, Granada, evaluación, volumétrico.

Resumen: Gracias a las prácticas del máster de Geología Aplicada de la Universidad de Granada en colaboración con la Agencia Provincial de la Energía de Granada se ha profundizado en el estudio del potencial Geotérmico de media entalpía para producción eléctrica de la provincia de Granada. Se ha recopilado la información disponible de: Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA), Plataforma Tecnológica Española de Geotermia (GEOPLAT), Agencia Andaluza de la Energía (AAE), Instituto Geológico Minero Español (IGME) y Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras (ENADIMSA), dando como resultado un mapa síntesis de áreas geotérmicas de Granada; generándose nuevos cálculos de potencial y de temperatura profunda presentados en forma de mapas. El objeto de este estudio incluye:

- Estudio de evaluación del potencial de las áreas geotérmicas en función de cuatro métodos de cálculo.
- Recopilar, sistematizar y zonificar las posibles áreas geotérmicas en base a la potencia eléctrica del recurso por comarca.
- Esclarecer el número máximo de plantas binarias geotérmicas y su potencia eléctrica previsible en función de su viabilidad técnico-económica.
- Generar un modelo orientativo de cálculo estimativo de temperatura profunda de la provincia mediante el uso de los sistemas de información geográfica (ArcGIS 9).

1. TEXTO PRINCIPAL

a. INTRODUCCIÓN y DESARROLLO

Con el propósito de conseguir una buena comprensión de los beneficios sociales, ambientales y económicos que puede aportar la energía geotérmica se realizó un estudio-mapa de potencial geotérmico de la provincia de Granada. Una vez consultada la mayor parte de la documentación disponible: granadina (APEGR, UGR), andaluza (AAE), española (IGME, GEOPLAT, APPA), europea (EGEC, European Geothermal Energy Council) e internacional (IGA, Código Geotérmico Australiano, Norma de Nueva Zelanda NZS 2403:1991), se ha podido evaluar el potencial geotérmico de los recursos de media entalpía para uso eléctrico en Granada.

Una de las cuestiones fundamentales en la investigación geotérmica es la determinación de la capacidad térmica y de generación eléctrica del recurso geotérmico (energía) contenida en un yacimiento geotérmico (volumen de roca). La capacidad del recurso se ha determinado usando una metodología, que fue originalmente desarrollada por el Instituto Geológico de los Estados Unidos "USGS" (Brook, y otros, 1978), y las tecnologías comerciales actuales de TURBODEN (Plantas geotérmicas de Sistemas Binarios con Ciclo Orgánico de Rankine). Las plantas geotermo-eléctricas de Sistema Binario son las más adecuadas tecnológicamente para los recursos de la provincia de Granada.

En función de la temperatura media prevista para cada recurso existen módulos binarios comerciales con distinta eficacia en la conversión de energía térmica a eléctrica. Existe un simulador (TURBODEN) para el cálculo de la potencia, mediante el Ciclo Orgánico Rankine (ORC), que diseña dichos módulos estableciendo tres hipótesis o parámetros básicos como:

- intervalo de temperatura de explotación del recurso (la temperatura de entrada antes del intercambiador de calor y temperatura de salida después de intercambiador de calor (un mínimo de 10 °C conseguiría módulos de 0.5 MWe y con 20 °C casi 1 MWe);
- flujo másico (o volumétrico) de producción entre 25 y 395 kg/s (ó l/s) con un valor razonable de 155 kg/s;
- intervalo de temperatura del fluido de enfriamiento (temperatura a la entrada y a salida la salida del condensador) mínimo de 10 °C y cuanto más baja sea mayor será la producción eléctrica.

A continuación se ha realizado una estimación preliminar del valor del aprovechamiento geotérmico de la provincia de Granada, por áreas, por comarcas y por sistemas hidrogeotérmicos. Para ello existen diversos métodos ampliamente usados por la industria privada (metodología no estandarizada), entre ellos: el Volumétrico y el de Evaluación del flujo térmico superficial (y sus variantes o simplificaciones).

Los datos de entrada utilizados proceden en su gran mayoría de la publicación de la Agencia Andaluza de la Energía (AAE), Potencial geotérmico en Andalucía, como el área, potencia y temperatura media del yacimiento, su litología, densidad y porosidad para la estimación de la capacidad calorífica volumétrica. También se emplearon datos de la REDIAM (Red de Información Ambiental de Andalucía) y de la APEGR (Agencia Provincial de la Energía de Granada) para promediar la temperatura media anual y el flujo de calor, respectivamente, sobre la superficie del recurso (con un software de SIG).

El primer método, el más utilizado, para la estimación de reservas hidrogeotérmicas es el denominado método VOLUMÉTRICO. La popularidad de este método se debe a que es aplicable virtualmente a cualquier entorno geológico, los parámetros requeridos pueden ser medidos o estimados, y los inevitables errores se compensan parcialmente (véase, Muffler, 1981).

El segundo método, es el empleado para la estimación de reservas petrotérmicas y es una variación del método volumétrico, llamada PETROTÉRMICO. En realidad, se trata de una simplificación del procedimiento anterior ya que considera sólo la energía contenida en un volumen dado de roca supuesto un descenso de temperatura (hipótesis de partida) en el mismo. En este caso, se cambió la densidad del agua por la del aire.

El tercer método, de EVALUACIÓN DEL FLUJO TÉRMICO SUPERFICIAL se basa en la determinación del calor, por unidad de tiempo, que pierde el recurso geotérmico en superficie (P) por conducción o flujo de calor conductivo (P1) y el calor transportado/descargado por los efluentes o manifestaciones termales (P2).

La energía geotérmica total (H) se calcula mediante el producto del potencial total (P) por el tiempo (t) de vida útil del campo. Es decir, la energía geotérmica se supone que se disipa durante toda la vida útil del campo, 104 - 105 años (la hipótesis usada es $t = 105$ años).

Y, el último método, de EVALUACIÓN DE GREENPEACE indica que para conservar la sostenibilidad de un recurso, en la determinación del calor, por unidad de tiempo, se debe considerar tan sólo el que pierde el recurso geotérmico en superficie por conducción o flujo de calor conductivo (P1) en MW. Propiamente no es un método, es una recomendación conservadora, que se indica en el informe “Renovables 2050” para acuíferos confinados de alta entalpía, recogida en este estudio por su simplicidad de cálculo y como garantía mínima de recurso.

Tabla I. Resumen de potencia térmica (en MWt) y eléctrica (en MWe) obtenida por los cuatro métodos de evaluación de recursos geotérmicos (elaboración propia).

Zona	Método							
	Volumétrico		Petrotérmico		Eval. del Fujo		Greenpeace	
	MWt	MWe	MWt	MWe	MWt	MWe	MWt	MWe
Granada	2177	152	693	49	813	57	23	1.6
Lanjarón	786	71	269	24	143	13	4	0.4
Guadix - Baza	3824	229	1218	73	2309	139	42	2.5
Huéscar - Orce	945	19	318	6	2260	45	16	0.3
Albuñol	344	10	116	3	496	15	5	0.1

En cualquiera de los casos, la capacidad de área limita el tamaño de diseño de la planta (incluso si el área del yacimiento es infinita), debido a las distancias limitadas entre los pozos de producción y la planta. Con una finalidad meramente orientativa, si se limita el transporte a 2 millas (3.22 km) se puede calcular el tamaño máximo en MW por planta e incluso el número máximo de ellas admisible (sin entrar en condicionantes topográficos u otros que afecten a la disponibilidad del terreno o al diseño de los pozos).

Tabla II. Potencia térmica (en MWt) y eléctrica (en MWe) de cada área geotérmica por planta y total de la provincia de Granada (elaboración propia).

Zona	Superficie	Nº de plantas	Promedio de métodos			
	km2		MWt/planta	MWe/planta	MWt total	MWe total
Granada	370	11	81.51	5.71	896.56	62.76
Lanjarón	60	2	163.01	14.67	163.01	14.67
Guadix - Baza	650	20	92.56	5.55	1758.65	105.52
Huéscar - Orce	247	8	116.60	2.33	816.20	16.32
Albuñol	60	2	130.39	3.91	130.39	3.91
Total	1387	43	584	32	3765	203

b. Discusión

El mapa síntesis de áreas geotérmicas de Granada es simple y se basa en la información general disponible. En él se ha tratado de dar cabida a todas las áreas geotérmicas reconocidas en los siguientes estudios:

- A nivel nacional: Síntesis de las áreas con recursos geotérmicos profundos en España, IGME – Calvo– GEOPLAT (color rojizo).
- A nivel autonómico: Potencial Geotérmico de Andalucía, AAE (color naranja)
- A nivel provincial: Atlas de las Energías Renovables y la Eficiencia Energética, APEGR (color amarillo y puntos termales) ; y Estudio Geológico-geotérmico de la Depresión de Granada, y Área de Lanjarón, IGME-ENADIMSA (tramas azules para los Sistemas Hidrogeotérmicos).

De este mapa se desprende que hay tres zonas coincidentes: 1ª) zona de Guadix (Comarca de Guadix), 2ª) zona de Granada (Comarca de la Vega de Granada), y 3ª) zona de Lanjarón (Comarca de Alpujarra Granadina).

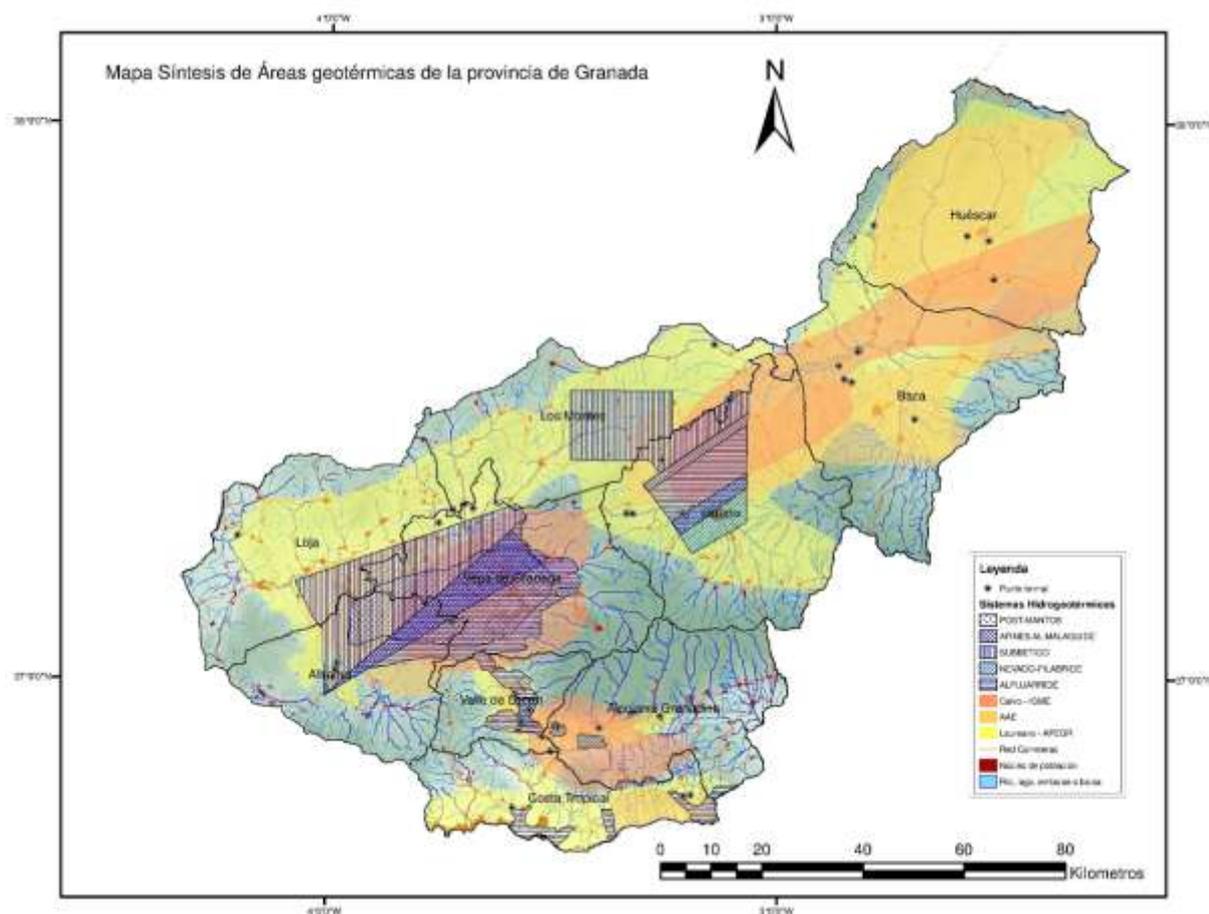


Figura 1. Mapa síntesis de áreas geotérmicas y sistemas hidrogeotérmicos por comarcas de la provincia de Granada (elaboración propia).

El procedimiento de evaluación de recursos usado es un promedio de los resultados obtenidos por los cuatro métodos de evaluación descritos. Sin embargo, no se han considerado las condiciones críticas necesarias para la extracción rentable de los recursos. La explotación de los recursos geotérmicos está críticamente determinada por la transmisividad del acuífero, que controla el caudal de producción. La permeabilidad, la transmisividad y el caudal de producción deberán estudiarse para cada localización específica, sobre todo para el sistema hidrogeotérmico Nevado-Filábride y el noreste de la provincia. En última instancia, la energía recuperada dependerá del desarrollo y optimización de la tecnología de explotación.

2. CONCLUSIONES

La precisión de un método aumenta a medida que se van conociendo con mayor exactitud los parámetros geométricos y físico-químicos del campo. Cuando el campo se halla en la fase de exploración se determina un potencial con una incertidumbre considerable (Recurso), la que va disminuyendo con la exploración profunda y luego la explotación (Reserva). En la práctica, estos cálculos comienzan con las primeras fases de exploración y finalizan con la explotación.

Por esta razón, se ha optado por presentar como resumen el promedio de estos cuatro métodos y de este modo compensar parcialmente los errores en los datos de entrada.

Finalmente, atendiendo a los resultados de potencia eléctrica total obtenidos se ordenó por áreas de mayor a menor energía:

I .- En el área geotérmica de Guadix-Baza destacan en orden de mayor a menor interés:

- Las comarcas de Baza, Guadix, sureste de Huéscar y Los Montes.
- Sistema hidrogeotérmico Alpujárride

II .- En el área geotérmica de Granada destacan en orden de mayor a menor interés:

- Las comarcas de Alhama de Granada, Vega de Granada y Loja.
- Sistemas hidrogeotérmicos Alpujárride (Vega de Granada) y Subbético (Alhama de Granada y Loja)

III .- En el área geotérmica de Lanjarón destacan en orden de mayor a menor interés:

- Las comarcas de Valle de Lecrín y la Alpujarra.
- Sistema hidrogeotérmico Nevado-Filábride

IV .- En el área geotérmica de Huéscar destaca su segunda zona:

- La comarca de Huéscar (zona centro y norte).
- Sistema hidrogeotérmico Alpujárride

V .- Y en el área geotérmica de Albuñol destaca:

- La comarca de la Costa Tropical (zona este).

- Sistema hidrogeotérmico Alpujárride

Por lo tanto, se recomienda realizar estudios en detalle para ver la viabilidad de instalaciones concretas (por ejemplo, planta piloto de 0.2 a 1 MWe) en las zonas de: Vega de Granada, Guadix (zona norte) y Valle de Lecrín-Lanjarón. Destacando la zona de Granada por su mayor necesidad de consumo de calor y eléctrico.

Agradecer a todos y cada uno de los profesores/as del Master por sus enseñanzas; en especial al coordinador y al tutor del máster. A los compañeros/as de la Agencia provincial de la Energía de Granada, del máster y familiares.

Desde el punto de vista científico unas palabras de agradecimiento a las instituciones IGME, IDAE, APPA, AAE, APEGR, GEOPLAT, etc..., por toda la información, que ha permitido tener una amplia visión del potencial del calor de la Tierra en la generación de energía.

Este estudio ha sido desarrollado en el módulo de prácticas de empresa, de la Universidad de Granada, en la Agencia Provincial de la Energía de Granada.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ∨ Agencia Andaluza de la Energía, AAE (2009). Potencial geotérmico de Andalucía. Áreas Hidráulicas y Nuevas Energías. Consejería de Economía, Innovación y Ciencia.

APPA (2010). Potencial Geotérmico en España y esquemas de soporte necesarios para su desarrollo. Informe interno elaborado por encargo de SKM"s / GeoThermal Engineering GmbH para la APPA.

BROOK, C. A. ; MARINER, R. H. ; MABEY, D. R. ; SWANSON, J. R., GUFFANTI, M ; MUFFLER, L. J. P. (1978). Hydrothermal Convection Systems with Reservoir Temperatures $\geq 90^{\circ}$ C, in Assessment of Geothermal Resources of the United States - 1978. L. J. P Muffler, Editor, Geological Survey Circular 790, U.S. Dept. of the Interior.

Diputación de Granada , DIPGRA (2011). Atlas de las Energías Renovables y la Eficiencia Energética en los Municipios Granadinos.

GREENPEACE (2005). Potencial de las energías renovables en la España peninsular. Renovables 2050. Madrid

GEOPLAT (2011). Visión a 2030. Plataforma Tecnológica Española de Geotermia. Ministerio de Ciencia e Innovación. Madrid

IGME (1977-1978). Estudio geotérmico preliminar de las Depresiones de Granada, Guadix-Baza y Almería. Madrid

IGME-ENADIMSA (1984). Estudio Geológico-geotérmico de la Depresión de Granada, y Área de Lanjarón. Informe final. Madrid

MUFFLER, L.J.P. (1981). Geothermal resource assessment. Geothermal Systems: Principles and Case Histories. New York, NY, USA, John Wiley and Sons, 181-198.

TURBODEN (2011). Applications – Geothermal. Organic Rankine Cycle Power Calculator.

<http://www.turboden.eu/en/home/index.php>