

Timanfaya

Generación termoeléctrica para aprovechar el potencial geotérmico de Lanzarote y avanzar en renovables sin dañar al medio ambiente

Patricia Alegría, Leyre Catalán,
Miguel Araiz y David Astrain

Instituto de Smart Cities, Universidad Pública de Navarra (UPNA), Pamplona

Pascual Gil

Director del Parque Nacional de Timanfaya

Uno de los mayores retos a los que se enfrenta la humanidad actualmente es el cambio hacia un modelo energético limpio y renovable.

Así como en España el desarrollo e implantación de las energías renovables permitió que, por ejemplo, en 2020 el 45,5 % de la generación total de energía eléctrica fuera de origen renovable, en las Islas Cana-

rias este porcentaje sólo llegaba al 17,5 % ese mismo año [REE2020a]. Es indudable, por tanto, la necesidad de incrementar la potencia renovable instalada en estas islas, donde la dependencia de combustibles fósiles es total, y cuyo transporte representa un enorme inconveniente logístico además de elevar notablemente su coste y la emisión de gases de efecto invernadero ligadas.

Aunque en las últimas décadas ha habido un gran incremento de la energía producida por fuentes renovables, existen algunas que todavía no han logrado el suficiente desarrollo, como ocurre con la geotermia. Sin embargo, esta goza de un gran potencial y de la ventaja de no tratarse de una fuente intermitente, sino que está siempre disponible, independientemente de la climatología. Se calcula que, si se pudiera utilizar sólo el 1 % del calor geotérmico

Con sólo sólo el 1 % del calor geotérmico disponible en la corteza terrestre podríamos cubrir la demanda energética mundial durante 2800 años

co disponible en la corteza terrestre, éste proporcionaría toda la energía que necesita el planeta durante 2800 años a un ritmo de consumo constante [Olasolo 2016]. Ante el potencial de aprovechamiento de esta fuente de energía, es importante desarrollar tecnologías para ser capaces de aprovechar de manera rentable los recursos geotérmicos que existen en muchas regiones.

Arquitectas de su propia transición energética

En mayo de 2017 España firmó, junto con la Comisión Europea y otros 13 miembros, la declaración política sobre Energía Limpia para las Islas de la Unión Europea (UE), reconociendo el potencial de las mismas de ser las arquitectas de su propia transición energética, así como la oportunidad de aprovechar estos territorios como campo de pruebas para tecnologías o políticas de transición energética que puedan luego exportarse al continente. Con este objetivo, la Administración General del Estado está promoviendo estrategias de energía sostenible en las Canarias. Estas islas, con una dependencia actual del petróleo como energía primaria del 98 % y con un sistema eléctrico aislado, requieren de un mayor desarrollo de tecnologías que favorezcan su descarbonización [MITECO 2020].



En Timanfaya se han medido temperaturas de 150°C en superficie y hasta 550°C a sólo 6 metros de profundidad

En la Estrategia de Energía Sostenible en las Islas Canarias se encuentra el programa número 6, cuyo objetivo es el de promover proyectos novedosos en el ámbito energético, con tecnologías innovadoras para favorecer, por ejemplo, la geotermia de alta temperatura y demostrar su viabilidad para aprovecharla en la generación eléctrica [GCAN 2022]. Esto es de especial importancia, dada la singularidad geológica del archipiélago.

Anomalías geotérmicas

La isla de Lanzarote, en concreto, cuenta con unas de las anomalías geotérmicas superficiales más importantes del mundo. Esto quiere decir que la temperatura sufre un gran aumento a medida que se profundiza en la superficie terrestre. Las anomalías más conocidas se sitúan en el Parque Nacional de Timanfaya, y su origen se debe a la presencia de un cuerpo de magma a una profundidad de 1 km, correspondiente a las últimas erupciones de 1730 y 1824, que se consideran los eventos de mayor envergadura y magnitud de los ocurridos en las Canarias en período histórico [García 2009]. Debido a ello, hoy en día existe una actividad volcánica latente en la isla de Lanzarote que se manifiesta mediante una emisión de calor hasta la superficie, de modo que el aire que queda atrapado en las porosidades de la roca superficial es calentado por ese cuerpo de magma, ascendiendo hacia la superficie y creando depresiones que permiten que más aire pase al interior de la roca para calentarse y repetir este ciclo, tal y como muestra la figura 1.



La temperatura superficial es tan alta que se pueden generar 'géiseres artificiales' con sólo verter agua en las oquedades que conectan con el magma

Las anomalías geotérmicas más conocidas están en Timanfaya, donde hay un cuerpo de magma a sólo 1 km de profundidad

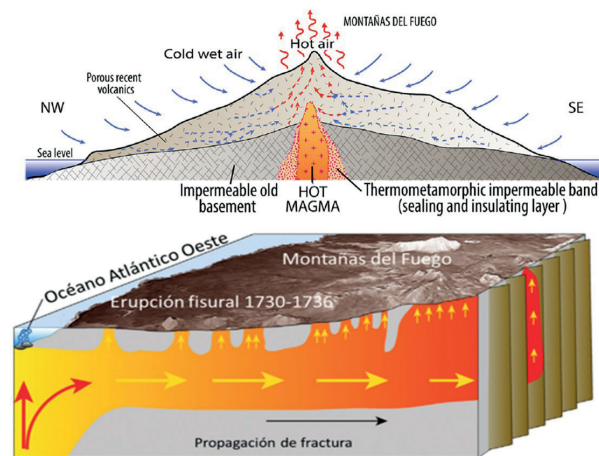


Figura 1. Proceso de calentamiento del aire en la roca porosa volcánica [Troll 2016]

En una caracterización de parte de la superficie de esta isla, se detectaron más de 11 700 m² de superficie con condiciones geotérmicas extraordinarias, donde se han medido temperaturas de 150°C en superficie y hasta 550°C a sólo 6 metros de profundidad, tal como puede verse en la Figura 2, correspondientes a varios sondeos de dos zonas del Parque Nacional de Timanfaya.

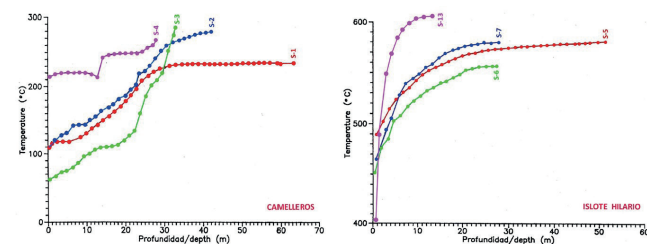


Figura 2. Perfil de temperaturas en las anomalías geotérmicas superficiales del Parque Nacional de Timanfaya

El Parque Nacional de Timanfaya (Figura 3) constituye, por lo tanto, un yacimiento de roca caliente seca. Es decir, existen en su suelo materiales geológicos impermeables a temperaturas mayores de 150°C, que suponen una fuente de calor natural pero no disponen de un acuífero o reservorio de agua.

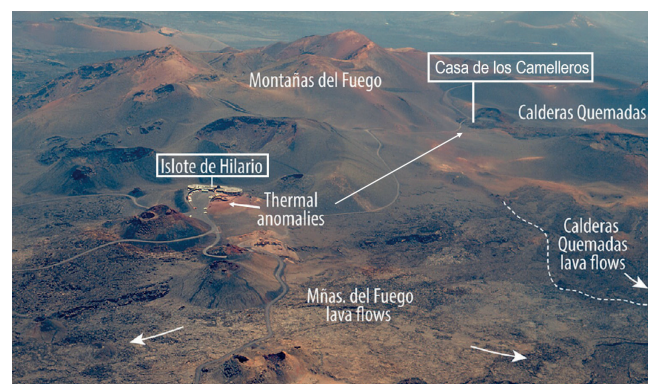


Figura 3. Timanfaya es un yacimiento de roca caliente seca [Troll 2016]

Impacto medioambiental y estético

Pese al gran potencial geotérmico existente, hoy en día no se está aprovechando debido al gran impacto medioambiental y visual que supone la tecnología geotérmica existente, basada en turbinas de vapor, particularmente en una isla como Lanzarote, que posee un valor natural extraordinario. La actual tecnología para aprovechar este tipo de yacimientos requiere de la perforación de varios pozos en los que se inserta agua a altas presiones para fracturar la roca y crear así un depósito de agua artificial. Este método, denominado Sistemas Geotérmicos Estimulados [Ganguly 2012], lo componen sistemas económicamente muy costosos, que solo son rentables para grandes instalaciones y susceptibles de problemas colaterales como las sismicidades inducidas, el elevado impacto visual y el elevado coste en agua y mantenimiento.

El desarrollo de tecnología termoeléctrica ha demostrado la viabilidad de la geotermia de alta temperatura para aplicarla a generación eléctrica limpia

Desde el Gobierno de Canarias y desde el Cabildo Insular de Lanzarote existe gran interés en aumentar el porcentaje de energía renovable en la isla, pero con el condicionante de que deben ser tecnologías que se integren en el paisaje y no supongan impacto medioambiental, como es el caso de la tecnología termoeléctrica que viene desarrollando el Grupo de Investigación en Ingeniería Térmica y de Fluidos (ITF) de la Universidad Pública de Navarra (UPNA) desde hace años y que tiene patentada [WO-2019/202180-A1]. Los generadores termoeléctricos evitan los mencionados inconvenientes, favoreciendo la generación geotérmica de una manera más rentable, escalable y respetuosa con el medio ambiente. Así pues, conociendo el funcionamiento de los primeros prototipos de generadores termoeléctricos realizados por el grupo ITF, el director del Parque Nacional de Timanfaya, Pascual Gil Muñoz, impulsó el desarrollo de esta tecnología para comprobar su viabilidad a un nivel más industrial y de mayor escala, lo que se materializó en la firma de un proyecto de transferencia tecnológica con la UPNA, con el objetivo de aprovechar la geotermia de Timanfaya en las instalaciones de uso público del propio parque, a la vez que potenciar el desarrollo de estos nuevos sistemas de generación eléctrica para que puedan utilizarse en otros lugares de las islas donde existan este tipo de anomalías geotérmicas.



Imagen 4. Miguel Araiz, Leyre Catalán, David Astrain y Patricia Alegría, del Grupo de Investigación en Ingeniería Térmica y de Fluidos de la UPNA (de izda. a dcha.)

Dentro de este proyecto, que está financiado por la Consejería de Transición Ecológica, Lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial del Gobierno de Canarias, el grupo de la UPNA (Imagen 4) ha diseñado, construido e instalado en el Islo de Hilario un sistema compuesto por generadores termoeléctricos para geotermia (GTEG) con una potencia de 504 W (Figura 6). Éste es capaz de suministrar una energía eléctrica constante de 12 kWh al día, de manera limpia y renovable, con lo que se evitará la emisión de 3 toneladas de CO₂ al año* en el Parque Nacional de Timanfaya.

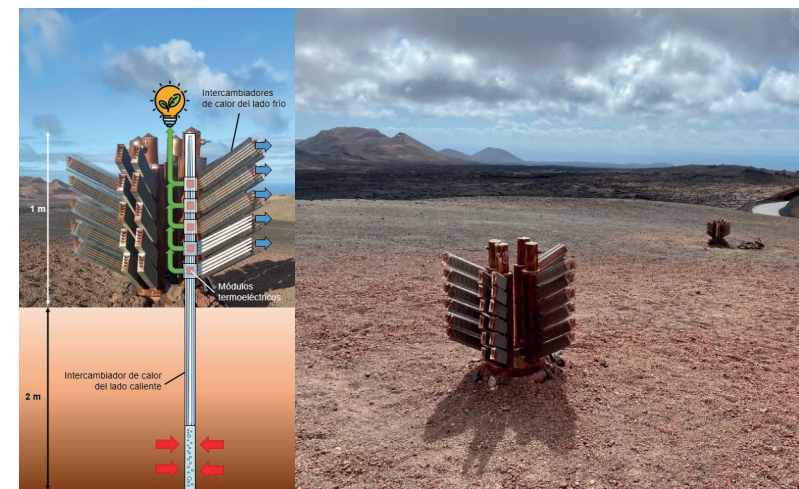


Figura 5. Generador Termoeléctrico para Geotermia (GTEG)
Figura 6. Instalación de GTEGs en el Parque Nacional de Timanfaya

A diferencia de los sistemas convencionales de producción de energía eléctrica geotérmica, basados en turbinas de vapor, estos generadores termoeléctricos son capaces de generar energía eléctrica a partir del aire caliente que emerge del suelo, sin ninguna parte móvil y sin necesidad de la creación de pozos artificiales ni sondeos profundos, lo que se traduce en un dispositivo mucho más compacto, totalinados silencioso, muy robusto y fiable, ya que no precisa mantenimiento ni operación y es totalmente respetuoso con el medio ambiente, pudiéndose integrar con el paisaje .

Los nuevos generadores termoeléctricos son capaces de producir electricidad con el aire caliente que emerge del suelo

Un generador termoeléctrico funciona gracias a la conversión directa de calor en electricidad que ocurre en los denominados módulos termoeléctricos, dispositivos de estado sólido cuyo flujo de electrones se excita gracias al paso del calor, lo que origina una corriente eléctrica. Estos módulos termoeléctricos son más eficientes cuanto mayor sea el salto de temperaturas entre sus caras, por lo que para su funcionamiento se necesita un foco caliente, un foco frío, y unos intercambiadores de calor que consigan transportar el calor de manera eficiente.

Viabilidad tecnológica demostrada

Como muestra la figura 5, los generadores termoeléctricos desarrollados por el grupo ITF constan de un intercambiador en el lado caliente que consiste en un tubo con agua en su interior. Esta agua es capaz de absorber el calor geotérmico y transportarlo hasta la cara caliente de los módulos termoeléctricos, que transformarán parte de ese calor en electricidad, y el resto será disipado al ambiente por los intercambiadores del lado frío. Gracias la actividad investigadora previa del grupo, se demostró la total viabilidad de esta tecnología para producir electricidad aprovechando las anomalías geotérmicas de Timanfaya [Alegría 2022, Catalán 2023, Alegría 2023].

El actual contrato de transferencia tecnológica, promovido por el Director del Parque Nacional de Timanfaya, Pascual Gil, es un proyecto experimental con el que aprovechar el calor geotérmico que se encuentra en los sondeos que ya están caracterizados, sin embargo, como se

puede apreciar en la figura 7, esta isla cuenta con una gran superficie con anomalías geotérmicas que aún son desconocidas, tanto dentro como fuera del Parque Nacional, lo que aumenta las posibilidades de ser gestionadas.

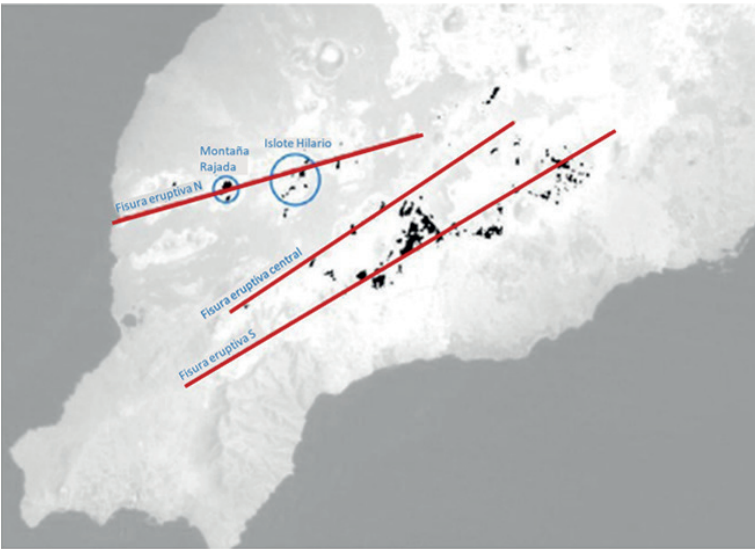


Figura 7. Foto IRT del Landsat-7 con indicación de las tres grandes alineaciones fisurales generadas en la crisis eruptiva de 1730-36

Así pues, la caracterización de esta superficie es de elevada importancia, ya que las primeras estimaciones indican que la instalación a gran escala de esta tecnología podría generar 3 GWh/año de energía eléctrica renovable, evitando 2 000 toneladas de CO2 emitidas anualmente*. Una estimación preliminar basada en los generadores instalados en el Parque Nacional, apuntan a un precio de la energía comprendido entre los 8 y los 12 céntimos de euro el kWh. Cabe destacar que este precio está dentro de los márgenes de tecnologías renovables maduras, pero con la ventaja añadida de su disponibilidad constante en el tiempo, sin estar sujeta a la variabilidad ambiental como ocurre en la eólica y la fotovoltaica.

Cada uno de los generadores como el de la figura 5 es capaz de suministrar de manera continua la energía eléctrica que consume un hogar de Lanzarote, lo que favorece la generación distribuida y el autoconsumo, suponiendo un beneficio económico para los usuarios que los instalen, además del medioambiental.

Además, el grupo de la UPNA está desarrollando el proyecto TED2021-129359B-I00, de la convocatoria de Proyectos de Transición Ecológica y Digital del Ministerio de Ciencia e Investigación, financiado con fondos Next Generation, que pretende en uno de sus objetivos, el desarrollo de sistemas termoeléctricos que permitan la utilización del calor geotérmico simultáneamente para producción de electricidad y calor para agua caliente sanitaria.

Lanzarote dispone de gran superficie con anomalías geotérmicas que aún son desconocidas

Este proyecto tendrá un impacto muy importante para favorecer la situación energética de Canarias, que tal como se pone de manifiesto en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, es especialmente compleja y peor que en el resto de España. La tecnología geotérmica que se plantea es muy adecuada en Canarias y especialmente en Lanzarote, ya que permitirá ampliar el porcentaje de energía renovable producida, esperándose un coste de la energía muy competitivo, aprovechando por primera vez un recurso genuino y con tecnología propia que es capaz de adaptarse al entorno, de modo que se respete su potencial turístico.

Referencias

1.

[Alegría2022] P. Alegría, L. Catalán, M. Araiz, A. Rodríguez, D. Astrain. “Experimental development of a novel thermoelectric generator without moving parts to harness shallow hot dry rock fields”. Applied Thermal Engineering 200 (2022) 117619. Doi: 10.1016/j.applthermaleng.2021.117619

2.

[Alegría2023] L. Catalán, M. Araiz, A. Casi, D. Astrain. “Thermoelectric generator for high temperature geothermal anomalies: experimental development and field operation”. Geothermics 110 (2023) 102677. Doi: 10.1016/j.geothermics.2023.102677

3.

[Catalan2023] L. Catalán, P. Alegría, M. Araiz, D. Astrain. “Field test of a geothermal thermoelectric generator without moving parts on the Hot Dry Rock field of Timanfaya National Park”. Applied Thermal Engineering 222 (2023) 119843. Doi: 10.1016/j.applthermaleng.2022.119843

4.

[Ganguly2012] S. Ganguly and M. S. M. Kumar, “Geothermal Reservoirs-A Brief Review”, 2012.

5.

[Garcia2009] A. García et al., “Investigación volcánica en el parque nacional de Timanfaya (Lanzarote, I. Canarias). Generación y tratamiento de bases de datos geofísicos y geomorfológicos para su integración en los programas de gestión”. Proyectos de investigación en parques nacionales: 2005-2008. Ministerio

6.

[GCAN2022] Gobierno de Canarias (GCAN), Ministerio para la Transición Energética y el Reto Demográfico (MITECO), and Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “Estrategia de Energía Sostenible en las Islas Canarias”, 2022.

7.

[MITECO2020] Ministerio para la Transición Energética y el Reto Demográfico (MITECO), “Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC)” 2020. Disponible: <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx>

8.

[Olasolo2016] P. Olasolo, M. C. Juárez, M. P. Morales, S. Damico, and I. A. Liarte, “Enhanced geothermal systems (EGS): A review,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 56. Elsevier Ltd, pp. 133–144, Apr. 01, 2016. Doi: 10.1016/j.rser.2015.11.031.

9.

[REE2020a] Red Eléctrica de España (REE), “Informe del Sistema Eléctrico Español 2020”, 2020.

10.

[REE2020b] Red Eléctrica de España (REE), “Emisiones de CO2 asociadas a la generación de electricidad en España”, 2020.

11.

[Troll2016] Troll, V. R., y J.C. Carracedo. “The Geology of Lanzarote”, 2016.

de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Organismo Autónomo de Parques Nacionales, 2009.



Bocas volcánicas en el Parque Nacional. © JM Pérez de Ayala/CENEAM

*Factores de emisión utilizados, recogidos en la Resolución de la DGPEM de 30 de junio de 2017 [REE2020b]