



Costa Rica: **Energía geotérmica**

Modelo propio de sostenibilidad



Costa Rica: Energía geotérmica

Modelo propio de sostenibilidad

Créditos

Edición:

Randall Sáenz Ugalde
Carlos Muñoz Hernández

Redacción:

Dirección de Comunicación
e Identidad Corporativa

Diseño:

Kenneth Arroyo Cordero

Fotografías:

Unidad Producción Audiovisual – ICE

Portada y contraportada:

Centro de Generación Miravalles

Impresión:

GEDI- División Servicios Compartidos – ICE

**Producción de la Dirección de Comunicación
Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)
Costa Rica**

www.grupoice.com
ICE ©2019



Fuentes consultadas:

2011. Descubra el tesoro de Costa Rica, ICE.
2011. Discurso Dr. Alfredo Mainieri (†) durante la inauguración Planta Geotérmica Las Pailas I.
2012. Desarrollo de la geotermia: caso de Costa Rica. Gravin Mayorga.
2015. Desarrollo de la geotermia. Eddy Sánchez.
2015. Informe World Wildlife Fund (WWF) sobre energías limpias en Latinoamérica.

Índice

■ Desarrollo eléctrico basado en fuentes limpias	4
■ Energía de las entrañas de la tierra	6
■ ICE: experticia comprobada en energía geotérmica	9
■ Las siete geotérmicas del país	12
■ Energía con beneficios ambientales y sociales	14
■ Desarrollo integral de yacimientos	17
■ Experiencias compartidas	19
■ La mejor planta geotérmica de América Latina y el Caribe	19

Un modelo visionario

La ciencia, la técnica y la experiencia permiten la explotación de los recursos naturales para satisfacer las necesidades de desarrollo. Sin embargo, esos recursos deben utilizarse racionalmente para garantizar la calidad de vida de las futuras generaciones.

Con esa filosofía nació el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) en 1949. Su ley de creación le dio el mandato a esta empresa pública de garantizar el suministro de energía eléctrica a toda la nación con la condición de cuidar las fuentes.

La ruta está trazada desde entonces, a partir de un modelo propio de desarrollo con visión país. Hoy, Costa Rica destaca en América Latina como líder en energía limpia al poseer una matriz energética basada mayormente en hidroelectricidad.

Las primeras obras aprovecharon las fuerzas del agua en las cuencas hidrográficas. Después se sumaron emprendimientos con otras fuentes limpias como el calor de la tierra, la fuerza del viento y la biomasa.

Esta publicación destaca uno de los rasgos distintivos de la matriz energética nacional: la geotermia.

Reseña cómo desde la década de los 60, el ICE inició un ininterrumpido trabajo de investigación, análisis, capacitación, formación de talento humano y ejecución de obras que hoy colocan a Costa Rica en la élite de la geotermia mundial.

Todos los logros han respetado el principio ético del equilibrio con la naturaleza de nuestra carta fundacional. Es con esa perspectiva que los proyectos geotérmicos en construcción en estos momentos y los que se tienen previstos siguen adelante.

Mientras el mundo avanza, en Costa Rica hemos forjado un camino de más de 70 años de desarrollo de una empresa de vanguardia en generación eléctrica, en armonía con el ambiente.

Desarrollo eléctrico basado en fuentes limpias

- Tras siete décadas de trabajo incansable del ICE, la cobertura eléctrica nacional pasó de un 14% (en 1949) a casi un 100% en la actualidad. Un 93% de la electricidad que llega a cada rincón del país, proviene de fuentes limpias.

Costa Rica sobresale por un desarrollo eléctrico basado en fuentes renovables que ha sido motor de progreso, impulsando la protección y conservación de los recursos naturales de la nación.

La planificación del desarrollo eléctrico del país está a cargo de Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), empresa pública fundada en 1949.

Una acertada planificación y el desarrollo exitoso de proyectos ha permitido suministrar energía eléctrica de calidad y confiable.

La cobertura eléctrica alcanza el 99,7%, mientras que un 93% de la generación eléctrica proviene de fuentes limpias.

El principal aporte en generación eléctrica lo dan las plantas hidroeléctricas, seguidas de las geotérmicas, eólicas, biomasa y solar.

La energía térmica (combustibles fósiles) respalda el sistema y las importaciones sustituyen la generación térmica cuando resultan más baratas para el sistema eléctrico.

La dimensión ambiental forma parte importante en los procesos de planificación, evaluación y selección de las mejores opciones de desarrollo de proyectos eléctricos del país. Además, la relación con los distintos grupos sociales y comunidades es permanente e intensa, desde las fases tempranas de la conceptualización de estas obras.



Por ley el ICE es el responsable de garantizar el suministro eléctrico a la población costarricense. Además, genera el 74.6 por ciento de la electricidad de la nación. El resto lo producen la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (empresa subsidiaria del ICE), con un 3.4%; las cooperativas eléctricas y empresas de servicios públicos suman 5.8%, y los generadores privados complementan con un 16.2 % del total de la generación eléctrica.

Líder en energía limpia

Costa Rica posee una matriz energética basada mayormente en hidroelectricidad y aspira a depender de fuentes renovables en el año 2021, reconoció el informe "Líderes en energía limpia"*, que analizó el desempeño de 26 naciones en esa materia.

En ese estudio, Costa Rica ocupó el primer puesto del ranquin en reconocimiento a su esfuerzo por diversificar sus fuentes energéticas y apostar por las renovables más allá de las hidroeléctricas.

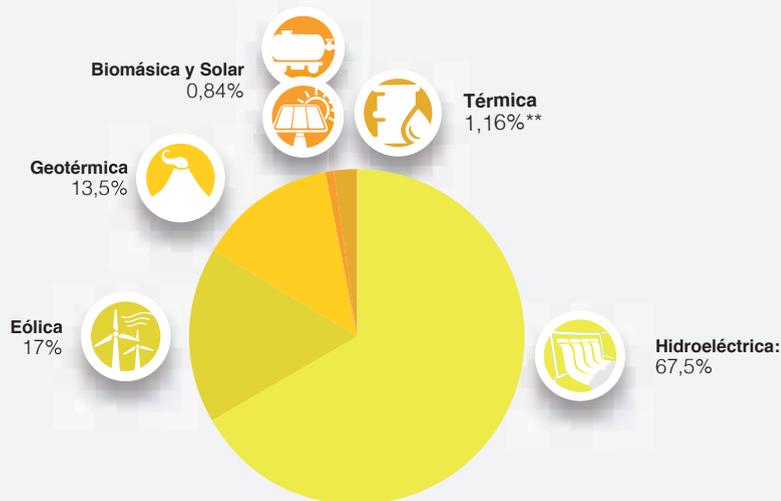
Además, está entre los países de la región con el potencial más grande de energía geotérmica: hasta 2.135 MW están disponibles para la explotación.

Debido a su ubicación geográfica, Costa Rica goza de un excelente potencial para generar energía eólica, con velocidades entre 4,8 y 5,6 m/s.

** Elaborado en noviembre 2014 por la organización World Wildlife Fund (WWF)*

Nuestra matriz eléctrica

Desde los años 70, el ICE inició un proceso de diversificación de las fuentes de energía, con la geotérmica. A esta, se han sumado —durante los últimos años— otras fuentes. Así está diversificada hoy la matriz eléctrica nacional:



Fuente: Centro Nacional de Control de la Energía (CENSE), 2019.

Notas: (*) Porcentajes corresponden a la capacidad instalada en el país.

(**) Fuente de respaldo, es decir, que se utiliza solamente cuando las otras no suplen la demanda energética.

Energía de las entrañas de la tierra

- Esta ciencia estudia el estado térmico de la Tierra, la distribución de la temperatura en su interior y su aprovechamiento con las fuentes de calor.

A diferencia del resto de energías renovables, cuyo origen directo o indirecto es la radiación solar, la energía geotérmica se produce a partir del calor que la tierra transmite desde sus capas internas a la corteza terrestre.

Esta fuente se encuentra localizada al interior de la tierra en forma de calor y está vinculada con volcanes, aguas termales, fumarolas y géiseres.

Pero si bien representa una cantidad inmensa de energía, solo una fracción de ella puede ser utilizada por la humanidad: esta fracción es definida como **recursos geotérmicos**.

El aprovechamiento sistemático y comercial de estos recursos se basa en políticas de sostenibilidad orientadas a su preservación, de manera que permite que sean prácticamente inagotables.

Esto lo diferencia de la actividad minera tradicional, la cual se fundamenta en extracción y agotamiento del recurso.

Países en desarrollo consideran cada vez más la explotación de recursos geotérmicos por las enormes ventajas que tiene.

¿Cómo se puede usar?

El aprovechamiento de los recursos geotérmicos se puede dar en:

- Producción de electricidad, cuando los yacimientos superan los 150°C.
- Aplicaciones térmicas en los sectores industrial, servicios y residencial, cuando la temperatura está por debajo de los 100°C.

Reservorios hidrotermales



Para extraer el calor de la tierra y utilizarlo comercialmente, se debe explotar un reservorio geotérmico. En el proceso se recurre a modernas técnicas de exploración geológica, geofísica, geoquímica, geología y de sensores remotos.

La salud de un reservorio descansa en la extracción de los fluidos, de los que se aprovecha el calor, y la posterior reinyección de los mismos al manto que los contiene bajo la tierra.

- Uso en la climatización y obtención de agua caliente, en el caso de los recursos de temperatura por debajo de los 25°C.

Los avances de la ciencia en este campo vislumbran un papel cada vez más protagonista de este recurso sostenible y amigable con el ambiente, que no es afectado por el cambio climático ni tiene dependencia de la radiación solar.

Ventajas

La utilización de energía geotérmica tiene numerosas ventajas, como las siguientes:

- 1 Fuente casi inagotable de energía eléctrica si se maneja en forma sostenida.
- 2 Poco contaminante, baja contaminación sónica y visual.
- 3 Impacto ambiental mínimo. Los efectos sobre el medio son puntuales y reversibles.

- 4 Reducido costo de generación frente a las fuentes de producción eléctrica tradicionales, fundamentalmente la térmica. Esto se traduce en un menor precio de compra para el usuario.
- 5 Contribuye al desarrollo socioeconómico de las comunidades cercanas al proyecto.
- 6 No está condicionado a factores climáticos, como sucede con la energía eólica, hidroeléctrica y solar.
- 7 Contribuye al enriquecimiento de la biodiversidad por efecto de la recuperación de la flora (reforestación) y no genera contaminación de acuíferos superficiales.
- 8 Es compatible con otras actividades como el turismo, la ganadería y la agricultura, a la vez que favorece la recuperación y preservación de los bosques.
- 9 Al ser una energía de base, sustituye la generación de energía por medio de hidrocarburos, lo que representa importantes ahorros económicos para el país.



ICE: experticia comprobada en energía geotérmica

- En su continuo afán por desarrollar fuentes de energía renovables, el ICE inició en los años sesenta los primeros estudios sobre el potencial geotérmico de Costa Rica para la generación eléctrica. Estos concluyeron con el descubrimiento de nueve vastos yacimientos en la norteña provincia de Guanacaste.

Consciente de la necesidad de buscar energías alternativas a la generación térmica, altamente contaminante y dependiente de los países productores de petróleo, el ICE inició desde los años sesenta los primeros estudios para determinar si el país contaba con el recurso geotérmico.

Avanzada la década de los 70, tras varios años de investigación de expertos del ICE, se confirmó la existencia de recursos en las faldas de los volcanes ubicados en la provincia de Guanacaste, en el noroeste del país.

A partir de los resultados de estas investigaciones, a mediados de los 80 se logró el apoyo del gobierno de Italia y de la Organización de las Naciones Unidas para la realización de dos estudios:

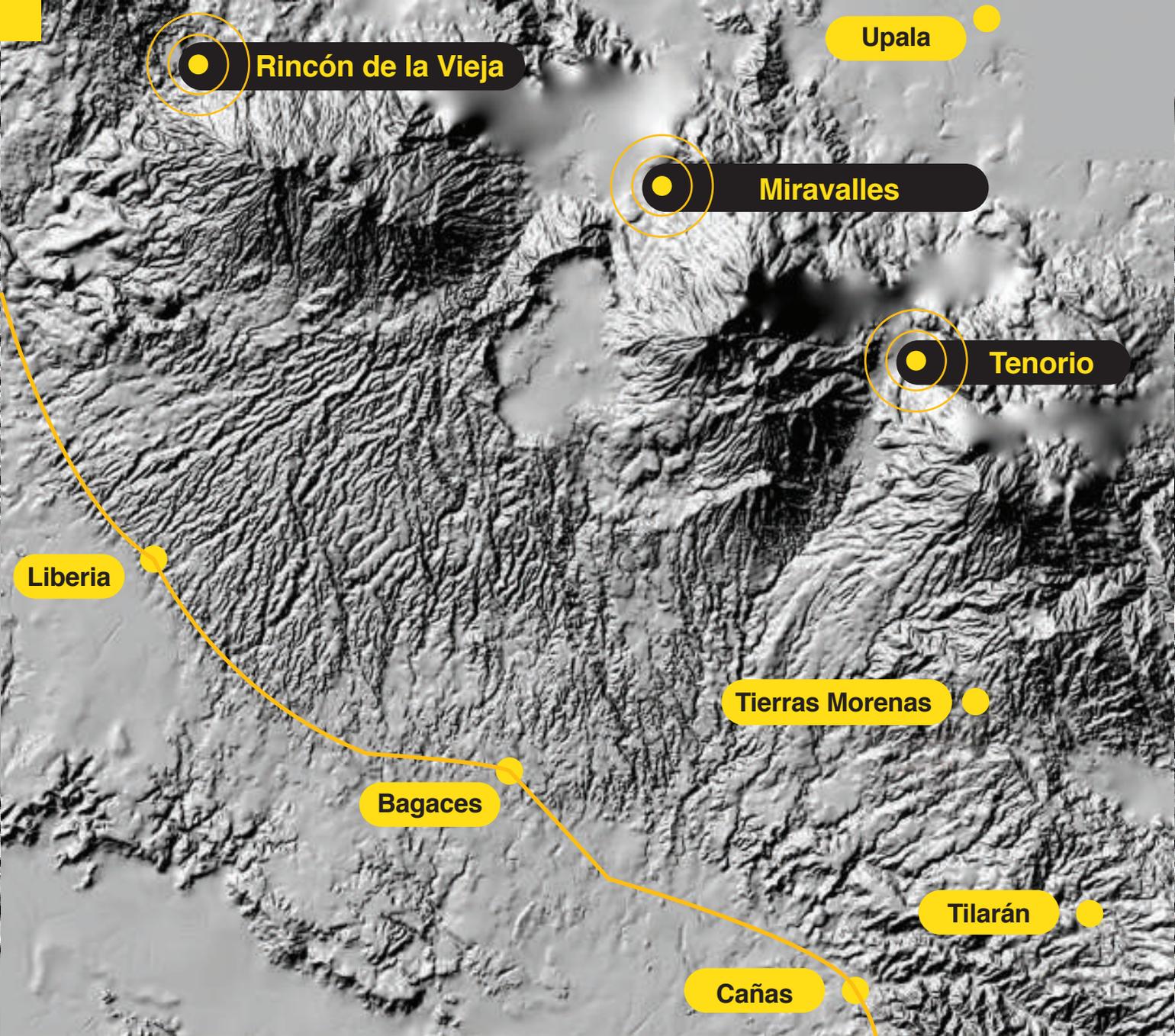
- Reconocimiento y prefactibilidad geotérmica de la República de Costa Rica.
- Evaluación del potencial geotérmico de Costa Rica.

Fue así como se determinó la existencia de nueve yacimientos capaces de albergar un proyecto geotérmico rentable.

Nace Miravalles

Luego de una serie de análisis, se eligió la zona de La Fortuna de Bagaces para construir el primer desarrollo.

En 1988 inició la construcción del Proyecto Geotérmico Miravalles, en la falda sur del volcán del mismo nombre.



Los primeros estudios en Costa Rica se realizaron en los años setenta, los cuales concluyeron con el descubrimiento del campo geotérmico Miravalles, que empezó a operar en 1994.

Después de siete años, el 25 de marzo de 1994, entró en operaciones la primera unidad, con una capacidad de 55 megavatios de capacidad.

En los siguientes diez años entraron en operación cuatro unidades más, que constituyen el Campo Geotérmico Miravalles, conocido desde 2017 como Alfredo Mainieri Protti, geólogo impulsor de la geotermia en Costa Rica.

En total, este campo cuenta con una capacidad instalada de 155 megavatios.

Las Pailas

Costa Rica posee un segundo campo geotérmico llamado Las Pailas, ubicado en las faldas del volcán Rincón de la Vieja, también en Guanacaste.

Su primera planta –Las Pailas I– entró en operación en 2011, y la segunda –Las Pailas II– en julio de 2019. Ambas suman 107 megavatios de capacidad.

La construcción de Las Pailas I y Las Pailas II se desarrolló con perforación direccional (la primera de manera parcial y la segunda de manera completa). Esta técnica permite, desde una sola plataforma, perforar varios pozos, lo que implica un ahorro significativo y un impacto menor a nivel superficial.

El ICE proyecta, la ampliación del recurso geotérmico con la construcción de un tercer campo llamado Borinquen, que tendrá dos plantas –Borinquen I y Borinquen II, cada una de 55 megavatios–, también en las faldas del volcán Rincón de La Vieja.



Las siete geotérmicas del país

En las faldas de los volcanes Miravalles, Rincón de la Vieja y Tenorio, en la provincia de Guanacaste, se encuentra el mayor desarrollo geotérmico del país.

El ICE opera exitosamente una amplia red de siete plantas geotérmicas que suman 262 megavatios de capacidad instalada, que en promedio producen 13% de la generación eléctrica del país.

Estas son:

Campo Geotérmico Alfredo Mainieri Protti

Miravalles I

Se inauguró en 1994, con una capacidad de generación de 55 megavatios. Usa tecnología “a condensación”, es decir, el vapor obtenido hace girar las turbinas y luego es condensado y reinyectado en el yacimiento. En 2019 cumplió 25 años de generación ininterrumpida, gracias a la administración sostenible del recurso.



Miravalles II

Empezó su operación en 1998. Al igual que Miravalles I, también tiene una capacidad instalada de 55 megavatios, y emplea la misma tecnología “a condensación”.

Miravalles III

Entró en operación comercial en marzo de 2000, como un proyecto BOT. Posteriormente, fue trasladado al Instituto en 2015. Tiene una capacidad de 29,5 megavatios.

Miravalles V

Primera planta de ciclo binario simple en el país. Entró en operación en 2003. Su capacidad actual es de 10,5 megavatios.

Boca de Pozo

Planta móvil o temporal. Utiliza tecnología de contrapresión, en la que el vapor extraído es aprovechado para la generación y luego es liberado. Funciona desde 1994, con una capacidad instalada de 5 megavatios.



Campo Geotérmico Las Pailas

Las Pailas I

Su operación comercial inició en 2011. Está constituida por dos unidades que suman 51,75 megavatios de capacidad instalada. Al igual que Miravalles V, Las Pailas I utiliza tecnología de ciclo binario en su generación.

Las Pailas II

Fue integrada al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) en julio de 2019. Su capacidad instalada es de 55 megavatios y es considerada, a la fecha de su inauguración, la planta geotérmica más moderna de la región. Obtuvo el premio Geolac 2019 al mejor proyector geotérmico de Latinoamérica y El Caribe.

Energía con beneficios ambientales y sociales

- Grandes e importantes esfuerzos en favor del medio ambiente y el desarrollo de las comunidades, caracterizan los proyectos que el Grupo ICE ha realizado en los campos geotérmicos Miravalles y Las Pailas.

La evidencia demuestra que mediante una gestión integral y participativa es posible obtener mejora de la calidad de vida de comunidades rurales, recuperación del entorno natural y beneficios económicos para el país con el uso de energía autóctona, permanente y de bajo costo.

Cada obra que se realizó estuvo guiada por un plan de calidad dirigido a la evaluación y control ambiental en sus actividades, de modo que fuera posible prevenir, minimizar y/o mitigar los impactos ambientales negativos y potenciar los impactos positivos.

Así, los impactos ambientales propios de las etapas construcción y operación estuvieron sometidos, tanto a las medidas o acciones establecidas en el Estudio de Impacto Ambiental (EslA), como a prácticas ambientales creativas.

Miravalles. En el caso de este proyecto, se logró el restablecimiento del bosque en casi 1350 hectáreas situadas en el entorno del proyecto, mediante la siembra de árboles y el favorecimiento de la regeneración natural.

Esta zona vivió por muchas décadas un patrón de cambio de uso de tierra de bosque a ganadería y agricultura, agravado por políticas estatales que estimulaban su expansión sin planificación y dejando de lado el concepto de sostenibilidad ambiental.

Hoy, el escenario natural es totalmente distinto con la recuperación de la vida silvestre.

Algunos de los esfuerzos para lograrlo han sido la instalación de silenciadores en fuentes generadoras de ruido, la impermeabilización de las lagunas y fosas de almacenamiento transitorio o confinamiento de aguas y sólidos residuales, el estableci-



miento de coberturas o barreras vegetales para amortiguar o minimizar impactos visuales y la implementación de programas de educación ambiental y capacitación en las comunidades aledañas.

Paralelamente, se han desarrollado obras y mejoras comunales en el área de influencia del proyecto.

El dar seguimiento al tema, se realiza un programa de monitoreo permanente que mide niveles de contenido del aire, contaminación de suelo y follaje, temperatura, viento, agua, corrosión y humedad relativa y control sísmológico.

El resultado de este seguimiento en términos de calidad ambiental demuestra que no se ha registrado ningún problema de salud en las personas que laboran o viven en la zona, ni daños o efectos nocivos en la biocenosis en el entorno de influencia.

Las Pailas. En este proyecto se implementaron nuevas prácticas de trabajo según los compromisos suscritos con las comunidades, tales como las siguientes:

- Generación de empleo.
- Programas de educación y capacitación.
- Mejoras notables en infraestructura vial y de servicios, así como en edificaciones de escuelas y comunales.



- Protección de recursos arqueológicos y naturales.
- Programa de siembra de árboles y recuperación del bosque.
- Reverdecimiento y estabilización de los taludes.
- Protección de los animales silvestres y su hábitat natural.
- Construcción de obras para el manejo de aguas pluviales y evitar erosión y sedimentación.
- Plan de gestión de residuos sólidos y líquidos.

- Plan de prevención de incendios forestales.

Para las comunidades, los propietarios de la tierra y para las empresas turísticas situadas en la zona de influencia de los proyectos geotérmicos, las obras del Grupo ICE han significado un crecimiento real en el sentido más amplio.

Cuentan con mejores centros educativos, caminos en excelentes condiciones, mayores oportunidades de empleo y un notable desarrollo urbanístico, que se refleja en una población que casi se ha duplicado.

El valor de la tierra sigue incrementándose y las economías locales han prosperado y se mantienen estables.

Desarrollo integral de yacimientos

- Dentro de los procesos de exploración, construcción y explotación de campos geotérmicos, el ICE ha acumulado experiencia demostrada con el exitoso modelo desarrollado.

El desarrollo geotérmico en Costa Rica se ha realizado integralmente y, dentro de este, destacan los servicios de:

- Perforación de pozos profundos para producción y reinyección.
- Limpieza y reparación de pozos.
- Perforación de pozos para reposición.
- Mantenimiento de pozos productivos.
- Diseño y construcción de tuberías de campo:
 - Diseño de tuberías por proceso considerando la operación del sistema de acarreo.
 - Diseño hidráulico, selección de diámetros y patrones de flujo, así como trazado de rutas.
 - Diseño de tuberías por flexibilidad bajo código ASME B31.1 "Power Piping", para tuberías de generación geotérmica.





- Diseño de equipos de superficie:
 - Operación del sistema.
 - Definición de parámetros de equipos.
 - Definición de dimensiones.
 - Diseño estructural de recipientes a presión basados en el código ASME VIII.
 - Empleo de software especializado de diseño por elementos finitos.
 - Desarrollo de especificaciones técnicas, selección de materiales y equipos.
 - Limpieza interna de tuberías.
 - Pruebas hidrostáticas.
 - Procedimiento de puesta en marcha.

- Mantenimiento de sistemas de acarreo de vapor.

- Capacitaciones.

- Asesorías en la prefactibilidad, factibilidad, exploración y explotación de campos geotérmicos.

- Gestión de proyectos:
 - Consultoría en cualquier área del conocimiento relacionado con la gestión de proyectos.
 - Asesorías específicas y capacitación.
 - Participación integral en la administración y dirección de proyectos.
 - Administración de contratos y gestión de contratos llave en mano, obra subcontratada y BOT.



Experiencias compartidas

- 2002. Capacitación en técnicas geoquímicas de análisis y muestreo a funcionarios de Panamá, Nicaragua, Honduras, Guatemala y el Salvador.
- 2003. Convenio con NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization, Japón, sobre neutralización profunda de fluidos, desarrollo del Campo Geotérmico Miravalles.
- 2004. Entrenamiento en sistemas de inhibición de carbonatos de calcio en pozos geotérmicos en producción de LAGEO, S.A. de C.V de El Salvador.
- 2005. Entrenamiento en tratamiento y sistemas para modificación del pH en fluidos geotérmicos a LAGEO, S.A. de C.V de El Salvador.
- 2008. Capacitación a funcionarios del Campo Geotérmico Los Humeros y del Campo Geotérmico Cerro Prieto, México, sobre neutralización de pozos ácidos.
- 2008 y 2013. Reconocimiento de campos geotérmicos (Miravalles y Las Pailas) a delegaciones de Medellín, Colombia.
- 2011. Personal de Polaris Energy, Nicaragua: capacitación en tratamientos químicos en pozos geotérmicos, interpretación de datos y calidad del vapor.
- 2012. Tecnologías de tratamientos químicos en pozos geotérmicos a Leyte Geothermal Production Field Energy Development Corporation, Filipinas.
- 2012. LaGeo S.A. de C.V., El Salvador, convenio tecnología limpieza química de pozos geotérmicos.
- 2014. Convenio de cooperación con la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP) y en 2015 asesoría técnica a funcionarios.
- 2014. Convenio con Enel Green Power, Italia, sobre tecnología de perforación direccional.
- 2015. Convenio con Nippon Steel & Sumikin Engineering Co., LTD. Geothermal Power Business Dept., Japón, para la prueba de tubo capilar.



La mejor planta geotérmica de América Latina y el Caribe

- Las Pailas II recibió esta distinción, en julio de 2019, durante el Congreso Geotérmico para América Latina y el Caribe (Geolac).

El 17 de julio de 2019, durante el Congreso Geotérmico para América Latina y el Caribe (Geolac), en Santiago de Chile, Las Pailas II fue galardonado como “Mejor proyecto geotérmico de la región”.

La organización otorgó el premio al proyecto del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) por el empleo de la técnica de perforación direccionada y el manejo socioambiental en la región de Curubandé, en Liberia, provincia de Guanacaste.

Desde los años 70, el ICE ha ido depurando sus capacidades y su conocimiento en materia geotérmica; y hoy es autosuficiente en todas las etapas del proceso, siempre respetando la naturaleza.

Las Pailas II es la planta geotérmica más moderna de Centroamérica y el Caribe, con una capacidad instalada de 55 megavatios, que permitirá anualmente la producción de energía equivalente al consumo de 137.000 hogares.





**Producción de la Dirección de Comunicación
Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)
San José, Costa Rica**

www.grupoice.com
ICE ©2019

+info

+506 2000-6469
Dirección Comunicación e Identidad Corporativa

+506 2673-0143
Centro de Servicio Recursos Geotérmicos

