

**INSIDE OUT**



LA HISTORIA DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

# INSIDE OUT THE STORY OF GEOTHERMAL ENERGY



**“OUR UNIVERSE IS A SEA OF ENERGY - FREE, CLEAN ENERGY. IT IS ALL OUT THERE WAITING FOR US TO SET SAIL UPON IT.”**

**- ROBERT ADAMS**

**"TWO THOUSAND SCIENTISTS, IN A HUNDRED COUNTRIES, ENGAGED IN THE MOST ELABORATE, WELL ORGANIZED SCIENTIFIC COLLABORATION IN THE HISTORY OF HUMANKIND, HAVE PRODUCED LONG-SINCE A CONSENSUS THAT WE WILL FACE A STRING OF TERRIBLE CATASTROPHES UNLESS WE ACT TO PREPARE OURSELVES AND DEAL WITH THE UNDERLYING CAUSES OF GLOBAL WARMING."**

**-FORMER VICE PRESIDENT OF THE USA, AL GORE**



Trilobitten on a petrified  
sea floor I squirm through shallow  
millennia stretched beyond knowing  
to the root of life

To the root of Earth beyond  
thin instants piled too many  
too small twisting shell-free  
into what will be episodic  
rebirth too many too slow held  
too fast in precious shambles

For what eyes when? Gummy  
flesh here and gone now glass  
marrow grips the hammer spins  
rockwise, fluent as love, through  
peeling time, thinning space

# LATINA

INSIDE OUT: The Story of Geothermal Energy

Publication with DVD insert

First published in hardcover 2009

© 2009 Conectado Design

All works remain © the artists unless otherwise stated.

Designed and produced by: Conectado Design  
Printed in Mexico by Print Out

A digital copy of this publication is available upon request.

[info@conectado-design.com](mailto:info@conectado-design.com)

[www.conectado-design.com](http://www.conectado-design.com)

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the written permission of Conectado Design.

Director of publications: Gerardo Del Valle

Produced by Mexican Geothermal Company:

Constructora y Perforadora Latina S.A. de C.V.

Director of research and design: Shannon Pert

Photographer: Mauricio Garcia Lazard

Writing and research: Kevin Patrick McCarthy

Editing and translation: Jimena Acevedo Freijo

Illustrations: Kara Burke

[www.karaburke.net](http://www.karaburke.net)

Illustration on pg.46 by Maria Assunta Cannistraro

Laboratorio Di Stampa e Creazioni Artistiche

[www.labostrice.it](http://www.labostrice.it)

Illustrated diagrams: Barbara Aranda Diaz

Additional photography credit given to:

George Tapan, Kevin Patrick McCarthy, NASA, Chevron, PNOC, LIFE Magazine Archives, Hatchbaru Power Station, Museo della Geotermia di Larderello, and Wikimedia Commons.

Special Thanks to:

Former Vice President Al Gore  
The Obama Administration  
Rodrigo Camus Alvarez  
Enrique M Lima Lobato  
Masaho Adachi  
Koichi Tagomori  
Seiki Kawazoe  
Maiko Sugimura  
Fernando Diaz de Rivera  
Noel Velasquez  
Josefino C. Adajar  
Surya Darma  
Mawardi Mawardi Agani  
Edwin Joenoes  
Antonio Fini  
Maria Assunta Cannistraro  
Gudmundur Omar Frioleifsson  
John Farison  
Osvaldo Ortega  
Juan de Dios Ocampo  
Jose Guadalupe Rosales Rodriguez  
Dana Blanco Revah

On the cover:

Satellite image of Redoubt volcano, Alaska

© GeoEye courtesy of NASA all rights reserved.

The commercial satellite GeoEye-1 captured this high resolution image of Redoubt's plume on March 30, 2009. In this image, north is to the right, and sunlight brightens south-facing slopes. The volcanic ash billowing out of the volcano's summit moves in a northerly direction.

Considered a non-profit project.

All materials used not for profit.

All materials collected remain © of original source.

This publication may not be bought or sold at any time.

# conectado

SHANNON PERT

CREATIVE PROJECT DIRECTOR

[www.conectado-design.com](http://www.conectado-design.com)

[shannon@conectado-design.com](mailto:shannon@conectado-design.com)

MAURICIO GARCIA LAZARD

PHOTOGRAPHY

[www.mauphoto.com](http://www.mauphoto.com)

[mauricolazard@yahoo.com](mailto:mauricolazard@yahoo.com)

RODRIGO CAMUS ALVAREZ

ASSISTANT MANAGER

[www.camusdesign.com](http://www.camusdesign.com)

[rodrigo@camusdesign.com](mailto:rodrigo@camusdesign.com)

KARA BURKE

ILLUSTRATION

[www.karaburke.net](http://www.karaburke.net)

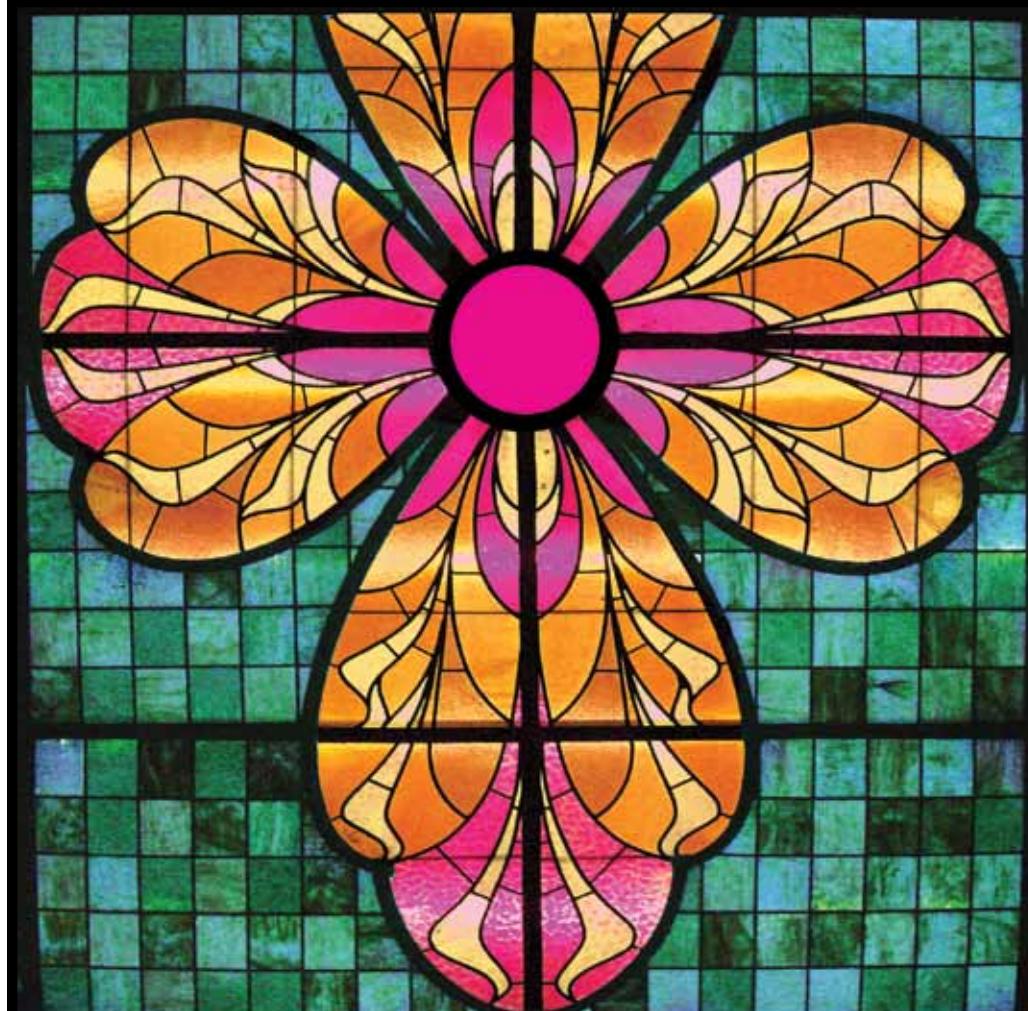
[kbfonzie@mac.com](mailto:kbfonzie@mac.com)

KEVIN PATRICK McCARTHY

CREATIVE WRITING

[www.locuto.com](http://www.locuto.com)

[locuto@indra.com](mailto:locuto@indra.com)



THINKING DESIGN

LA HISTORIA DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

# INSIDE OUT THE STORY OF GEOTHERMAL ENERGY

BY KEVIN PATRICK McCARTHY

**"SO WE HAVE A CHOICE TO MAKE.** WE CAN REMAIN ONE OF THE WORLD'S LEADING IMPORTERS OF FOREIGN OIL, OR WE CAN MAKE THE INVESTMENTS THAT WOULD ALLOW US TO BECOME THE WORLD'S LEADING EXPORTER OF RENEWABLE ENERGY. WE CAN LET CLIMATE CHANGE CONTINUE TO GO UNCHECKED, OR WE CAN HELP STOP IT. WE CAN LET THE JOBS OF TOMORROW BE CREATED ABROAD, OR WE CAN CREATE THOSE JOBS RIGHT HERE IN AMERICA AND LAY THE FOUNDATION FOR LASTING PROSPERITY."

-PRESIDENT OBAMA





# CONTENTS

INTRODUCTION TO GEOTHERMAL ENERGY	1
CHAPTER 1 HISTORY OF GEOTHERMAL ENERGY	5
CHAPTER 2 GEOTHERMAL ENERGY TODAY	13
CHAPTER 3 GEOTHERMAL ENERGY AROUND THE WORLD	23
CHAPTER 4 THE FUTURE OF GEOTHERMAL ENERGY	181



# *Every day* INTRO TO GEOTHERMAL ENERGY

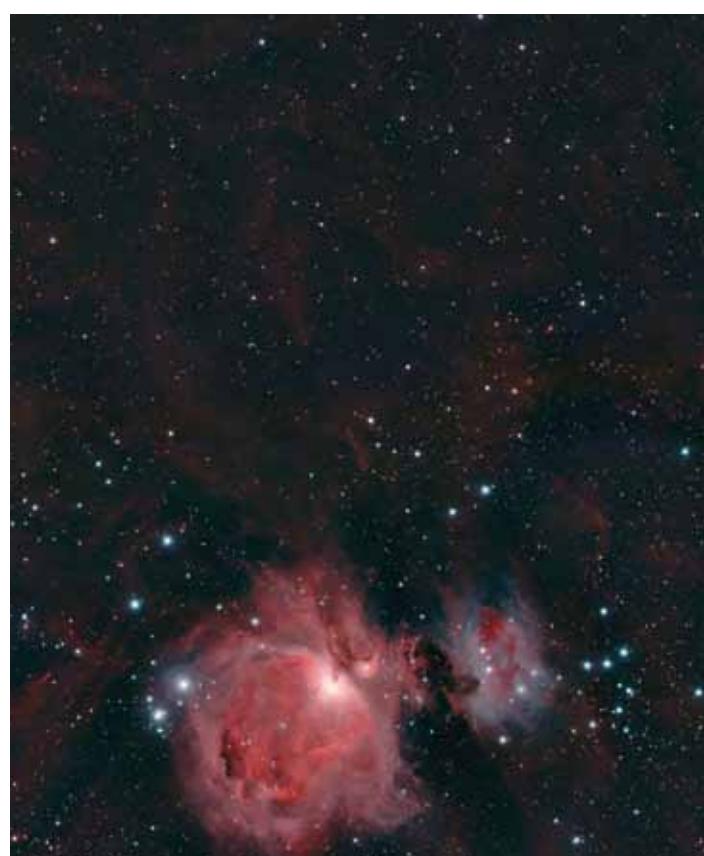
we feel the sun on our faces. Every day the wind ruffles our hair. But seldom are we reminded of the most promising energy source of all: the furnace that blazes away beneath our feet. The Earth demonstrates its immense power in exquisite hot springs, awe-inspiring volcanoes, powerful tsunamis and even earthquakes. Those displays are relatively few and far apart, however. For most of us, Earth power is out of sight and out of mind.

Sometimes the sun doesn't shine. Sometimes the wind doesn't blow. Earth energy, however, is available to us 24 hours a day, seven days a week. The furnace is intense, immense, and unquenchable. Our planet's solid inner core may be as hot as 6000° C – the temperature of the outer layer of the sun. This solid core is as big as the moon and it's surrounded by a liquid core as big as Mars.

Where does all this energy come from? Some of it is left over from the swirling assembly of our planet out of interstellar dust 4.6 billion years ago, but most of it comes from radioactive decay. And here's something to think about: as much as ten percent of the energy comes from friction created by the moon pulling on the Earth. Just as there are ocean tides, there are Earth tides, which are moving bulges in the Earth that chase the moon. You might say this energy comes from the Earth "breathing" as the bulges move up and down.

It's hard to imagine a more perfectly designed energy source than the Earth. The lighter layers of rock between the core and the soles of our shoes are each like down-filled jackets. They keep almost all the heat from escaping. Sure, some energy bursts out in volcanoes, geysers, hot springs, and other rare displays, but these small leaks are nothing compared to the total energy on tap. The energy source is inexhaustible.

So, next time you feel the sun on your face or the wind in your hair, take a moment to look down. There, 5000 Kilometers beneath your feet, is a constant, unquenchable sun. It's as big as the moon, as deep as a continent, and it has been waiting for billions of years. Are we ready to tap into it?



# INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA GEOTERMIA

Todos los días sentimos el sol en nuestros rostros. Todos los días el viento nos despeina. Sin embargo, en pocas ocasiones nos acordamos de la más prometedora de las fuentes de energía: la caldera que arde bajo nuestros pies.

La Tierra nos demuestra su inmenso poder en exquisitas fuentes termales, volcanes que inspiran asombro, potentes tsunamis e incluso terremotos. Estas abrumadoras demostraciones de poder son relativamente pocas, por no decir escasas. Para la mayoría de nosotros, el poder de la Tierra es algo que se encuentra fuera de nuestra vista, por lo cual no pensamos en ello.

En ocasiones el sol no brilla, mientras que en otras el viento no sopla. La energía terrestre, sin embargo, está allí, disponible para nosotros las 24 horas del día, los siete días de la semana. La caldera es intensa, inmensa e inapagable. El núcleo interno sólido de nuestro planeta puede llegar a los 6,000°C, igual que la temperatura de la capa exterior de nuestro Sol. Este núcleo sólido es tan grande como la Luna y está rodeado por un núcleo líquido tan magno como Marte.

¿De dónde viene toda esta energía? Alguna es el sobrante del arremolinado ensamble de nuestro planeta, hecho de polvo interestelar hace 4,600 millones de años. Sin embargo, la mayor parte proviene de la descomposición radiactiva. Además, hay un tema de reflexión: hasta un 10% de esa energía procede de la fricción causada por la atracción de la Luna sobre la Tierra. Así como hay mareas en los océanos, hay mareas terrestres, algo así como si la Tierra "respirara" al subir y bajar los bultos de tierra.

Es difícil imaginarse una fuente de energía más perfectamente diseñada que la de la Tierra. Incluso se encuentra aislada. Las capas de roca más ligeras que se hallan entre el núcleo y las suelas de nuestro calzado son como chamarras de pluma de ganso: evitan fugas de calor casi en su totalidad. Desde luego que algo de esta energía escapa a través de volcanes, géiseres, fuentes térmicas y otras raras muestras de la naturaleza, pero estas pequeñas fugas son nada en comparación con la totalidad de la energía disponible. La fuente es inagotable.

Así que la próxima ocasión que usted sienta el sol en su rostro o el viento en su cabello, tómese un momento para ver hacia abajo. Ahí dentro hay un sol constante e inapagable. Es tan grande como la Luna, tan profundo como un continente y ha estado allí, esperando, durante miles de millones de años.

¿Estamos listos para aceptar el regalo?





**I FEEL THAT WE SHOULD NOT ONLY MAINTAIN GENTLE, PEACEFUL RELATIONS WITH OUR FELLOW HUMAN BEINGS, BUT ALSO, IT'S VERY IMPORTANT TO EXTEND THE SAME KIND OF ATTITUDE TOWARD THE NATURAL ENVIRONMENT.**

**-DALAI LAMA**

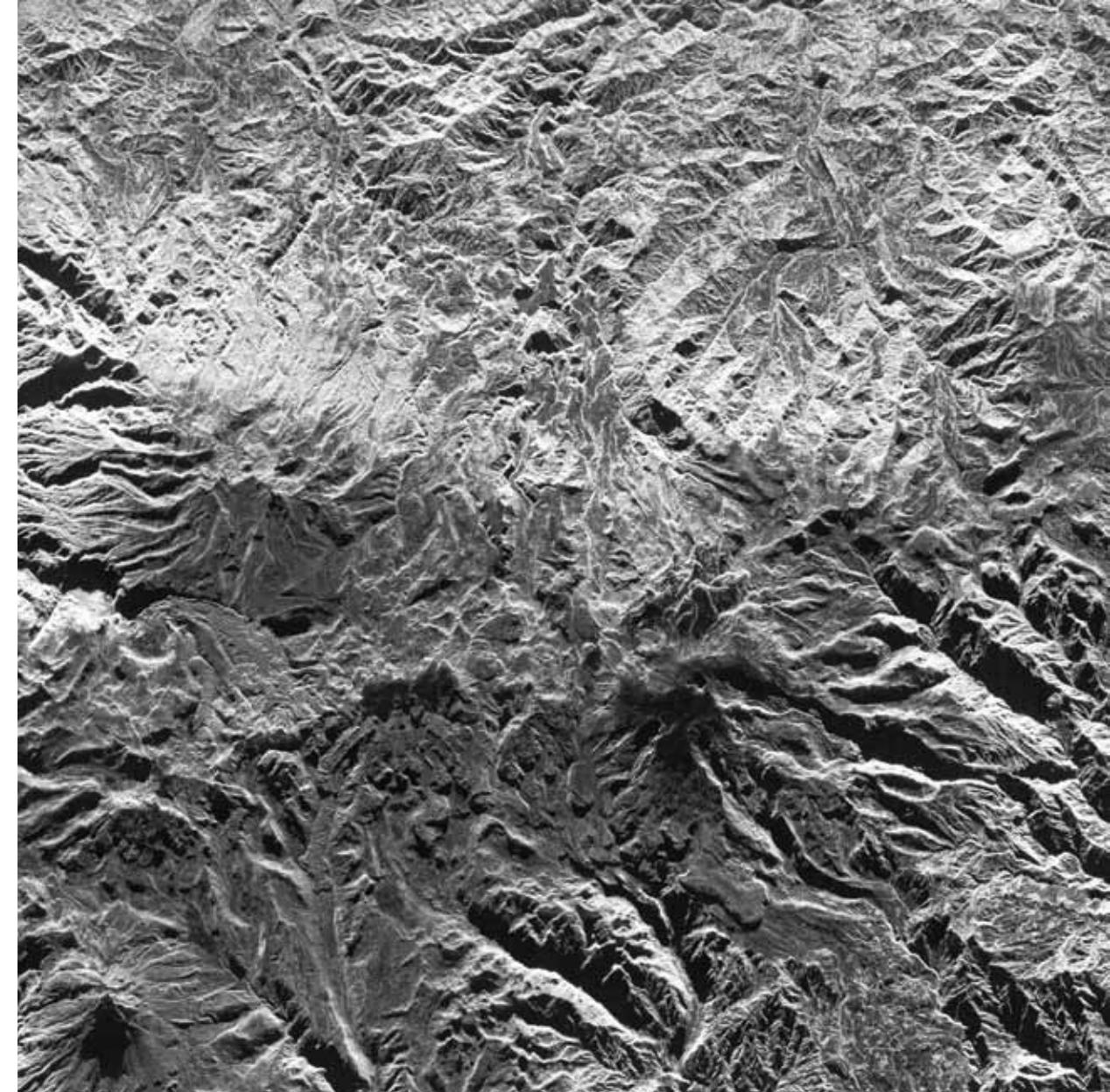
"The huge reservoir of volcanic energy represented by the heat of rocks and gases could undoubtedly be tapped in many places and used for power production ... I believe that in time to come, the greatest of all sources of power will be found in the subterranean storehouses of volcanic regions, where the internal heat of the earth can be reached at a relatively shallow level. The limited supplies of coal and oil in the earth will be exhausted in the comparatively near future. The waterpower available in rivers is already to a large extent taken up. Water-power from the tides will probably prove costly to utilize, and the same is likely to be true of any method now in sight of using direct solar energy. On the other hand, no insurmountable obstacles seem to exist to tapping the earth's internal heat on a vast scale, and vulcanology is paving the way to this accomplishment. "

-Dr Immanuel Friedlander, quoted in Science News-Letter, 14 January 1928



"La enorme reserva de energía representada por el calor de rocas y gases, sin duda podría ser explotada en muchos lugares para ser utilizada en la generación de fuerza... Creo que en un futuro la mayor fuente de energía de todas será encontrada en las bodegas subterráneas de las regiones volcánicas, en las cuales el calor interno de la Tierra puede ser localizado en niveles relativamente cercanos a la superficie. Las reservas de carbón mineral y petróleo de la Tierra se verán agotadas en un futuro comparativamente cercano. La potencia hidráulica disponible en los ríos ya está utilizada en su mayor parte. La potencia hidráulica de las mareas probablemente será muy costosa para ser utilizada y, probablemente, lo mismo sucederá con cualquier método visible en la actualidad para la utilización de la energía solar directa... Por otro lado no parecen existir obstáculos insalvables para explotar el calor interno de la Tierra a gran escala, y la vulcanología está pavimentando los caminos para este logro".

-Dr. Immanuel Friedlander, citado en la revista "Science News-Letter", el 14 de enero de 1928.



# *long before*

## CHAPTER 1 HISTORY OF GEOTHERMAL ENERGY

Europeans came to the Americas, an elder Ute began a hunting journey with a group of young warriors. As they camped in a broad mountain park, the young men talked of crossing the mountains to raid the Arapahoe on the plains. The wise old chief warned that they were too few to plunder the large enemy encampment. But the young men were eager to prove themselves, and set out the next morning, seeking glory. The old man said he would await their return at a group of nearby springs. He built a roaring fire and kept it burning brightly in a vigil for his comrades. For weeks he tended it, always looking out for them. But the braves never returned. Gradually, the old man grew thin, until he finally died of grief. Since then, the sorrowing chief's campfire has warmed the springs and given the water its healing properties.

Such stories about hot springs are common. They reflect the reverence that native peoples have always felt for this magical phenomenon. Hot springs were thought to focus spiritual energy, and to allow the seeker to communicate with the gods. Hot springs are often curative – reason enough to sanctify them, but the connection may be deeper than we realize.

Many scientists now believe that hot springs were important incubators of early life. And geothermal areas attracted living things from the beginning. For example, the oldest known amphibians, scorpions, and spiders were found at fossil hot springs in Scotland. Some are more than 350 million years old! The bones of dinosaurs found at the mineral pools of Tskhaltubo in the Caucasus are arthritic, suggesting the beasts sought relief there.

Historic human civilizations often gathered near thermal springs. Our earliest ancestors can be traced to geothermal areas in East Africa, while 8,000-year-old human artifacts have been found near other hot springs. From later written records, we know that hot springs were the primary cure prescribed by ancient Greek, Arabian, Roman, and Egyptian healers. As early as 3000 BC, a mineral bath was built for King Minos of Crete, who died in Sicily when his enemies poured boiling water over his head. Mother Earth probably supplied the murder weapon, as volcanoes and hot springs dominate both islands.

# CAPÍTULO 1 LA HISTORIA DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

Mucho tiempo antes de que los europeos arribaran a América, un anciano ute comenzó un viaje de cacería con un grupo de jóvenes cazadores. Mientras acampaban en un amplio parque montañoso, los jóvenes conversaban acerca de cruzar las montañas para atacar a los arapajos de las planicies. El viejo y sabio jefe les advertía que eran muy pocos para llevar a cabo el ataque al gran campamento arapajo; sin embargo, los hombres estaban ansiosos por probarse, así que emprendieron su marcha a la mañana siguiente en busca de la gloria. El viejo les dijo que esperaría su regreso en los manantiales cercanos. Encendió una gran fogata, la cual mantuvo prendida en todo su esplendor, en espera de sus camaradas. Por semanas la atendió, siempre vigilando y aguardando el regreso. Sin embargo, los bravos guerreros jamás volvieron. Gradualmente, el viejo fue adelgazando, hasta que por fin falleció de tristeza. Desde entonces la fogata del entristecido jefe ha calentado los manantiales y le ha dado al agua sus propiedades curativas.

Las historias que giran en torno a los manantiales de aguas termales, como la anterior, son comunes. Reflejan la veneración que los pueblos nativos siempre han tenido por este fenómeno mágico. Se creía que los manantiales termales enfocaban la energía espiritual y permitían al buscador comunicarse con los dioses. Las fuentes termales con frecuencia poseen facultades curativas, lo cual era una razón para santificarlas. Sin embargo, la conexión pudiera ser más profunda de lo que creemos.

Muchos científicos piensan que éstas pudieron ser importantes incubadoras de formas tempranas de vida; de hecho, incluso pudieron ser la cuna de la vida. Sabemos que las áreas geotérmicas han atraído a los seres vivos desde siempre. Por ejemplo, en manantiales térmicos fosilizados en Escocia se encontraron los más antiguos anfibios, escorpiones y arañas que se conocen, algunos de ellos de hasta ¡350 millones de años! Los huesos de dinosaurios hallados en las fuentes minerales de Tskhaltubo, en el Caucazo, muestran signos de artritis, lo cual sugiere que las bestias buscaban alivio en ellas.

Los humanos siempre han vivido en las cercanías de las fuentes de aguas termales. Nuestros más antiguos ancestros pueden ser encontrados en las áreas geotérmicas de África Oriental y se han hallado artefactos de manufactura humana de 8,000 años de antigüedad cerca de otras fuentes termales. De registros escritos con posterioridad, sabemos que las aguas termales eran la principal cura que prescribían los sanadores griegos, árabes, romanos y egipcios de la antigüedad.



THEY SPRING WHOLESOME FROM THE EARTH ON EVERY SIDE AND IN A THOUSAND LANDS; THE COLD, THE HOT OR YET THE WARM AND TEPID, ANNOUNCING RELIEF TO THE SICK, UNDER VARIOUS NAMES THEY ADD TO THE NUMBER OF DIVINITIES, AND ESTABLISH VILLAGES."

-PLINY

In later centuries, humans put geothermal byproducts to many creative uses. Pumice, sulphur, boron, alum, and sulphuric acid were extracted from volcanic sources. Primitive cultures used obsidian, or volcanic glass, to make arrowheads and spear points. The glass from Obsidian Cliff in Yellowstone National Park, was used as barter; it has been found thousands of miles away from its source. Hot geothermal air and water was used for many things – primarily for drying and preserving food and for space heating. The Sheepeater Indians of Yellowstone made bows by soaking the horns of bighorn sheep in hot springs in order to shape them.

Geothermal energy made winter bearable in some harsh climates – providing not just warmth, but food. This was particularly true in Iceland, where there are more than 700 hot springs and pools. In one of their famous sagas, a hero saves himself by waiting out a cold night in a hot spring, preserving his strength. In the Western United States, gold prospectors found bighorn sheep and other game grazing on green grass near hot springs in the dead of winter. Nutrients supplied by hot springs often improved nearby fishing. At one time, in New Zealand, it was common to see a Maori man catch a fish and boil it instantly in a hot pool, while his wife bathed their child in warm spring nearby.

Until the 20th century, bathing was the most widespread use of geothermal energy. Asians, Arabs, and Northern Europeans had strong bathing traditions, but the ancient Romans elevated bathing to an art form. As many as 800 bath houses, or thermae, thrived in Rome alone. Some covered entire squares, and could accommodate as many as 3000 bathers. The "paradise of baths" was supplied by long aqueducts leading from thermal springs. Roman genius was also applied to hot springs throughout the empire -- notably at Aquae Sulis, now Bath, England. These springs lay in the border region between Roman and Celtic Britain. According to legend, King Arthur fought an important battle nearby. The Celtic Goddess Sulis and the Roman Goddess Minerva were merged at the site as Sulis-Minerva. Coins and trinkets were thrown into the water as offerings to the goddess, and now provide a wealth of information for modern archeologists.

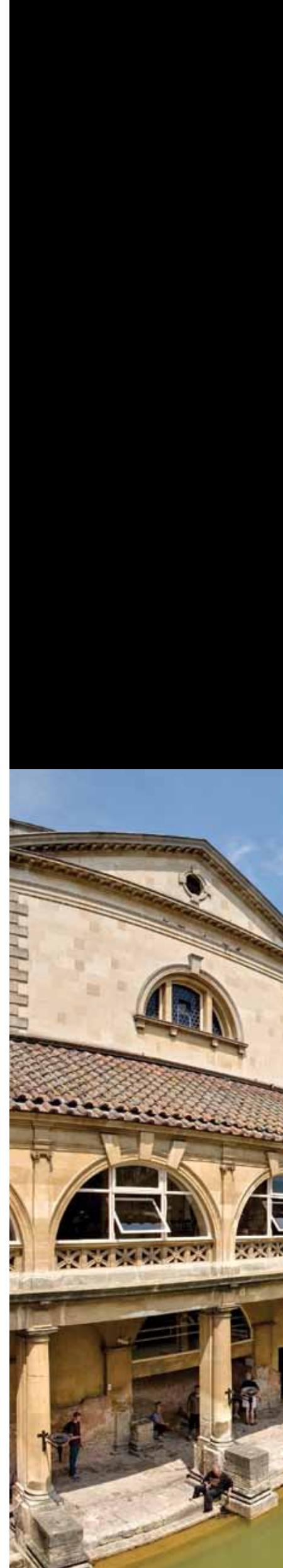
Unfortunately, as the Roman Empire declined, so did the popularity of bathing in Europe. Many pungent centuries passed before the tide turned. Eventually, Crusaders returning from saner locales began to reintroduce the practice., and once again the health benefits of hot mineral springs were recognized. In 1541, the physician Theophrastus Paracelsus wrote, "So that the sick people may be cured, the lord has ruled in His Creation that more strength be found in springs than in learned prescriptions." The rivalry between resorts was evident even then, as he added, "And the hot springs of Badin are more perfect than anything else."

Thus, the famous spa culture of Europe was born. The sick and fashionable thronged to the hot springs, and the resorts became more and more lavish and dependent on the idle rich. Vice soon surrounded the springs like vapor, and scandals were as common as cures. As one observer put it: "To pursue pleasure while you pretend to hunt health is one of the oldest and happiest subterfuges of the holiday maker. ... It has always seemed that the most agreeably dissipated were the soonest in need of health, and that folly and fashion were the first to require fresh strength."



En siglos posteriores, la humanidad utilizó subproductos geotérmicos en múltiples usos creativos. Piedra pómez, sulfuro, boro, alumbre y ácido sulfúrico eran extraídos de fuentes volcánicas. Las culturas primitivas utilizaban obsidiana o vidrio volcánico en la fabricación de puntas de flechas y lanzas. El vidrio proveniente del sitio conocido como "Obsidian Cliff", en el parque Nacional de Yellowstone, en Estados Unidos, fue utilizado como instrumento para intercambio y ha sido encontrado a miles de kilómetros del lugar. El aire geotérmico caliente fue también utilizado para muchas cosas, primordialmente para disecar y preservar alimentos, así como para la calefacción de espacios. Los indios sheepeater de Yellowstone fabricaban sus arcos sumergiendo las cornamentas de borregos cuernilargos en aguas termales para darles forma.

En climas hostiles, las aguas termales hicieron los inviernos soportables al proveer no sólo calor, sino alimento. Esto último es particularmente cierto en Islandia, lugar donde se encuentran más de 700 fuentes y charcas termales. En una de sus famosas sagas, un héroe local se salva al pasar una fría noche dentro de una fuente termal, preservando así sus fuerzas. En el oeste de Estados Unidos, los gambusinos encontraron borregos cuernilargos y otros animales de cacería que pacían en verdes pastizales cercanos a las fuentes termales a mitad del invierno. Los nutrientes provenientes de las aguas termales con frecuencia mejoraban la pesca en las cercanías. Antiguamente, en Nueva Zelanda era posible observar a un nativo maorí atrapar un pescado y cocinarlo al instante en una charca hirviente, mientras su esposa bañaba a su pequeño hijo en una fuente tibia cercana.



Opposite: The spas at Bath, England; "Baths at Caracalla", Lawrence Alma Tadema, 1899;

"The Women's Bath", Albrecht Durer; "Ancient Ruins used as Public Baths", Robert Hubert 1798

Hasta principios del siglo XX, el uso más común de la energía geotérmica era el baño. Las culturas asiáticas, árabes y del norte de Europa tenían fuertes tradiciones de baño, pero fueron los romanos quienes las elevaron a una forma de arte. Tan sólo en Roma florecieron hasta 800 baños públicos llamados "thermae". Algunos de ellos ocupaban manzanas completas y ofrecían lugar hasta para 3,000 bañistas. Este "paraíso de los bañistas" estaba constituido por largos acueductos provenientes de fuentes termales. El ingenio romano se aplicaba a fuentes termales de todo el imperio, más notablemente en Aquae Sulis, hoy en día el condado de Bath, en Inglaterra. Estas fuentes se localizaban en la región fronteriza de la Bretaña romana y la celta. De acuerdo a la leyenda, el Rey Arturo peleó una importante batalla cerca de allí. La diosa celta Sulis y la diosa romana Minerva se aliaron en este sitio para conformar la deidad Sulis-Minerva. Monedas y otros artículos pequeños eran arrojados a las aguas como ofrendas a la diosa, mismos que hoy en día son una rica fuente de información para la arqueología.

Desafortunadamente, cuando decayó el Imperio Romano también declinó la popularidad de los baños en toda Europa. Demasiados siglos pasaron antes de que cambiara de nuevo la costumbre. Con el tiempo, los Cruzados que regresaban de localidades en las que se conservaba la práctica de los baños, comenzaron a reintroducirla y de nuevo se reconocieron los beneficios que las fuentes termales tenían para la salud. En 1541 el médico Theophrastus Paracelsus escribió: "Para poder curar a los enfermos, el Señor ha decretado en Su Creación que es posible hallar mayor fuerza en las fuentes que en prescripciones sesudas". La rivalidad entre estos sitios de descanso era evidente aun entonces, pues añadió: "y las fuentes termales de Badin son más perfectas que cualquier otra cosa".

Fue así como nació la famosa cultura europea del "spa". Los ricos, siempre a la moda, atiborraban las fuentes termales. Estos centros vacacionales pronto se hicieron más y más lujosos y dependientes de los ricos y desocupados. Los vicios pronto rodearon estas fuentes, de la misma manera en que lo hace el vapor, y los escándalos eran tan comunes como las curaciones. Como lo describió un observador: "perseguir placeres mientras se pretende cazar la salud es uno de los subterfugios más antiguos y felices del vacacionista... Tal pareciera que los más alegremente disipados fueran los primeros que necesitaran fuerza renovada".



Some common hot spring ingredients are indeed healthful. Boric acid is good for the eyes and skin, and lithium is used in treating depression. Many essential trace metals and salts needed by the body are also often present, and most physicians agree that the warmth alone is beneficial. On the other hand, arsenic, mercury, cadmium, and other harmful elements are also sometimes present – though rarely in significant amounts. It's important to be careful when sampling undeveloped natural springs. As the ghost of King Minos might attest, death by scalding is slow and painful.

Hot spring soaking is not reserved just for humans. Lizards and turtles on the Galapagos Islands bask in geothermally heated rocks, and many domesticated animals have been treated at hot springs. In Glenwood Springs, Colorado, in the United States, an imaginative Victorian drove a team of horses into some river hot springs in order to treat a hoof disease. The animals seemed to enjoy the experience and recovered.

In 1963, a young female snow monkey named Mukubili approached a hot spring in the Nagano Mountains of Japan. She blinked at some soybeans floating on the water. They looked delicious. She put her foot into the hot water. That didn't hurt. So she took the plunge and got the soybeans. She liked it. Again and again she went into the pool. At first only other young monkeys would join her, but within several years, the entire troop was regularly soaking in 43° C water. You can see Mukubili's relatives there today. It turns out monkeys soak a lot like humans do. They sit, heads exposed, relaxing. Some doze off. Others completely submerge. Hot springs don't just soothe the body. They are also often pleasing to the eye. The clear water makes the pools gem-like, and inviting – even when they are dangerously hot. They inspire poetic names, such as "Glorious Purity" (China), "Grand Prismatic" (Yellowstone) and "Place of Adorning," (New Zealand).



Algunos ingredientes comunes de las fuentes termales son muy saludables: el ácido bórico es recomendable para los ojos y la piel; y el litio es utilizado para tratar la depresión. Muchos de los metales y las sales necesarios para el cuerpo también se encuentran presentes con frecuencia, y numerosos médicos concuerdan en que el calor por sí mismo es beneficioso. Por otro lado, también se hallan presentes ocasionalmente arsénico, mercurio, cadmio y otros elementos perjudiciales, aunque rara vez en cantidades significativas.

El acto de sumergirse en aguas termales no está reservado exclusivamente a la raza humana. Los lagartos de las Islas Galápagos se asolean en rocas calentadas por la geotermia y muchos animales domésticos han sido tratados en estas fuentes. En el poblado de Glenwood Springs, en el estado norteamericano de Colorado, un victoriano imaginativo metió una yunta de caballos a un río de aguas termales para tratar un mal de las pezuñas. A los animales pareció agradarles la experiencia, y además se recuperaron.

En 1963, una hembra joven de mono de las nieves llamada Mukubili se acercó a una fuente termal en las montañas Nagano de Japón. Notó unos frijoles de soya que flotaban en la superficie del agua, y le pareció que éstos se veían deliciosos. Metió una pata en el agua. No dolió, así que se animó y se metió al agua para recuperar los frijoles. Le gustó. Una y otra vez se metió a la charca. En un principio, solamente los monos más jóvenes se le unieron. Sin embargo, varios años después toda la manada se sumergía regularmente en el agua a 43° C. El día de hoy es posible ver a los descendientes de Mukubili allí metidos. Resultó que los monos se remojan de manera muy similar a la de los humanos; se sientan con la cabeza expuesta y se relajan. Algunos incluso se duermen, mientras otros se sumergen por completo. Las fuentes de aguas termales no sólo relajan el cuerpo; con frecuencia son atractivas a la vista. El agua translúcida hace que las charcas parezcan joyas e invitan a darse un chapuzón, aunque algunas sean peligrosamente calientes. Inspiran nombres poéticos, como "Pureza gloriosa", en China, "Gran prismática", en Yellowstone, y el "Lugar para adornarse", en Nueva Zelanda.



In the mid-1800's, the Italians began drilling wells in geothermal areas to increase boron production. Within a few decades, they had become expert drillers. They invented many important devices and techniques still used today. By the end of the century, they could drill wells up to 300 meters, and were ready to put their new skills to better use. In 1904, they produced the first geothermal electric power at Larderello, in Tuscany.

Today, nearly 10 Gigawatts of geothermal power are produced in 25 countries. Experts agree that this is a tiny fraction of the potential worldwide. Because of this abundance, and the rising cost of conventional fuel, geothermal exploration and development is booming. Mostly, the energy is being used for electrical generation. Also, geothermal heat continues to be used directly – not just for bathing, but for space heating, drying crops, raising plants in greenhouses, warming water at fish farms, and in many industrial processes, such as pasteurizing milk.

We're finding more uses for geothermal energy as fossil fuel costs continue to rise. We're also getting better at harvesting lower temperature heat. Have you ever noticed that springs and wells flow in the dead of winter, when surface water is frozen? That's because the Earth maintains a nearly constant near-surface temperature of 10 to 16° C worldwide. Geothermal heat pumps – working like refrigerators in reverse – can now pull this heat out of the ground. They have been rated by some government agencies as the cleanest, most cost effective space heating systems available. Geothermal heating systems are being used in most new buildings in the industrialized world.

We have already benefited from geothermal energy in ways most people don't understand. For example, all the amazing DNA research done in the last 20 years was made possible by the discovery of a pink squiggle of a creature in a Yellowstone hot spring. Scientists used a piece of this microbe to develop a process that can make a million copies of DNA in about three hours. This improves our lives in many ways. The Human Genome Project, which identified the nearly 25,000 human genes, would not have been possible without it. Many criminals have been caught because of DNA evidence. But this may be just the beginning. In the future, we may be able to develop new health-preserving nutrients from hot spring microbes.

Earth power made itself known to our species in frightening ways. Volcanoes and earthquakes sometimes uprooted and buried human settlements. And they often triggered other events that were even more devastating. The greatest of these were tsunamis – huge tidal waves triggered by eruptions and shifts. Tsunamis could – and still do – wash away entire villages. These titanic forces inspired awe and reverence. People dreamed deities into existence to try to quiet the natural violence. Pele, for example, is a Hawaiian volcano goddess. She is described in chants as "she who shapes the sacred land." She causes volcanoes to erupt, something that sometimes happens when she's fighting with her kin, or just feeling jealous. But even small things can make her blow her top, such as when someone takes pieces of her lava away from the islands.

Humans have used geothermal energy for thousands of years. Yet the amount we have used is tiny compared to the amount of energy the Earth provides. Geothermal energy is efficient, widespread, and renewable. We have made great strides in putting our deep, miniature sun to work, but we have just begun.





Hacia la mitad del siglo XIX, los italianos comenzaron a perforar pozos en áreas geotérmicas para incrementar la producción de boro. En unas cuantas décadas se habían convertido en perforadores expertos. Inventaron muchos adminículos de importancia que se utilizan hasta nuestros días. Hacia finales del siglo tenían la capacidad para perforar pozos de hasta 300 metros de profundidad y estaban listos para utilizar sus nuevas habilidades para mejores fines. En 1904 produjeron la primera planta geotérmica generadora de electricidad en Larderello, en La Toscana.

Hoy en día se producen casi 10 GW por medio de potencia geotérmica en 25 países alrededor del mundo y los expertos concuerdan en que ésta es tan sólo una pequeña fracción del potencial mundial. La exploración y desarrollo de la geotermia está en franca expansión. La temperatura geotérmica también continúa siendo utilizada directamente, no sólo para bañarse, sino también como calefacción, para secado de cosechas, en la producción de plantas en invernaderos, para el calentamiento de agua en granjas piscícolas y en muchos procesos industriales tales como el pasteurizado de leche.

Día con día encontramos más usos para la energía geotérmica, frente al incremento que registran los combustibles fósiles, mientras mejoramos en la extracción de menores temperaturas de calor. ¿Ha usted notado alguna vez que los manantiales y pozos siguen fluyendo en pleno invierno, aun cuando la superficie del agua está congelada? Eso es porque la Tierra mantiene una temperatura constante de 10 a 16°C cercana a la superficie de todo el planeta. Mediante el uso de bombas de calor geotérmico, que funcionan a la inversa de los refrigeradores, hoy nos es posible extraer este calor del suelo. Estas bombas han sido catalogadas por algunas agencias gubernamentales como las calefacciones más limpias y más efectivas en relación a su costo, entre cuantas están disponibles hoy en día. El sistema de calefacción geotérmica se utiliza actualmente en casi todos los edificios nuevos del mundo industrializado.

Nos hemos visto beneficiados por la energía geotérmica de maneras que la mayoría de la gente no alcanza a comprender. Por ejemplo, el sorprendente avance en el estudio del ADN durante los últimos 20 años, ha sido posible debido al descubrimiento de un "squiggle" rosado, una de las criaturas de una fuente termal de Yellowstone. Los científicos utilizaron un pedazo de este microbio para desarrollar un proceso que permite hacer un millón de copias del ADN en aproximadamente tres horas. Esto mejora nuestras vidas de muchas formas. El Proyecto del Genoma Humano, que identificó los casi 25,000 genes humanos, no hubiera sido posible sin este desarrollo. Muchos criminales han sido capturados gracias a la evidencia que proporciona el ADN. Sin embargo, esto es sólo el principio. Podremos desarrollar nuevos nutrientes que preserven la salud a partir de microbios de fuentes termales. La humanidad ha utilizado la energía geotérmica por milenios; sin embargo, hemos usado sólo una minúscula parte de la energía que la Tierra provee. La energía geotérmica es eficiente, vasta y renovable. Hemos logrado grandes avances para poner a nuestro profundo y minúsculo sol a trabajar. No obstante, apenas comenzamos.



## CHAPTER 2 GEOTHERMAL ENERGY TODAY

*There are*

two basic ways to use geothermal energy. First, we can use the heat energy directly, as we've done for thousands of years. Some interesting modern uses of geothermal heat include ethanol production, fish farming, cement curing, fabric dying, soft drink carbonization, refrigeration and mushroom growing. The use of geothermal heat varies from culture to culture. In the Philippines, it is used to dry coconuts and mangoes. In Japan, where there is a strong bathing culture, the hot water is used in many elegant and famous resorts. In Iceland, the most volcanic land mass on Earth, geothermal energy is used to dry fish and to heat an entire city. Yellowstone National Park in the U. S. has become perhaps the greatest geothermal science laboratory in the world. Microbiologists go there to learn what life on other planets might look like.

## CAPÍTULO 2 LA ENERGÍA GEOTÉRMICA HOY

Existen dos maneras básicas de utilizar la energía geotérmica. Primeramente, podemos utilizar la energía calorífica en forma directa, como lo venimos haciendo desde hace miles de años. Hoy en día utilizamos el calor no sólo para bañarnos y como calefacción, sino también para muchos otros usos –secado de pescado y frutos, cultivo de plantas en invernaderos, calentamiento del agua en granjas piscícolas, así como en muchos procesos industriales, como la pasteurización de leche. Otros usos interesantes del calor geotérmico son: producción de etanol, producción de pescado en granjas, curado de cemento, pigmentación de telas, carbonatado de refrescos, refrigeración y cultivo de hongos. El uso directo de calor geotérmico varía de una cultura a otra. En las Filipinas se utiliza para secar cocos y mangos, mientras que en Japón, país con una gran cultura del baño, el agua caliente se utiliza en muchos elegantes y famosos centros vacacionales. Por su parte, Islandia, la masa terrestre de mayor actividad volcánica, utiliza la energía geotérmica para secar pescado y para calentar una ciudad entera. El Parque Nacional de Yellowstone e los Estados Unidos se ha convertido en lo que es probablemente el más grande laboratorio de ciencia geotérmica del mundo. Los microbiólogos van allá para averiguar cómo puede verse la vida en otros planetas.



Left: geothermally grown onions, steam dried mushrooms, geothermal vegetable greenhouse, exotic fruit grown with geothermal steam, greenhouse grown green peppers.  
This page: mangoes in bowl, geothermal fish farm, "White Copra" steam dried coconuts.

The other common way to use geothermal energy is to convert heat energy to electricity. This is very popular for a variety of reasons. First, it makes the Earth's energy available to everyone, for any purpose. Electrical energy can be transported long distances. Geothermal energy is also one of the best fuels for generating electricity. For one thing, it's more or less renewable, depending on the reservoir and how it's being used. Also, it's relatively clean. The process does generate byproducts, but these are seldom a concern, and some have a commercial benefit. Finally, geothermal power is very constant and reliable. There are no peaks and valleys in the energy it supplies, as there are with solar and wind energy. Such fluctuations can be difficult to manage.

Most electricity on Earth is generated by burning fossil fuels -- oil, natural gas, and coal. These fuels pollute and are becoming harder to extract, which makes them expensive for generating electricity. In many parts of the world, renewable geothermal energy is a cheaper fuel source, one that will only become more economical over time as we run out of fossil fuels. Many new geothermal power plants are under construction, all over the world. Today, roughly 10 Gigawatts of electricity are produced in 25 countries. That's enough to supply the energy needs of the entire United Kingdom, for example. According to the Earth Policy Institute, the total capacity may exceed 13.5 Gigawatts by 2011 – produced in 46 countries. But, of course, even this is a tiny fraction of the potential worldwide.

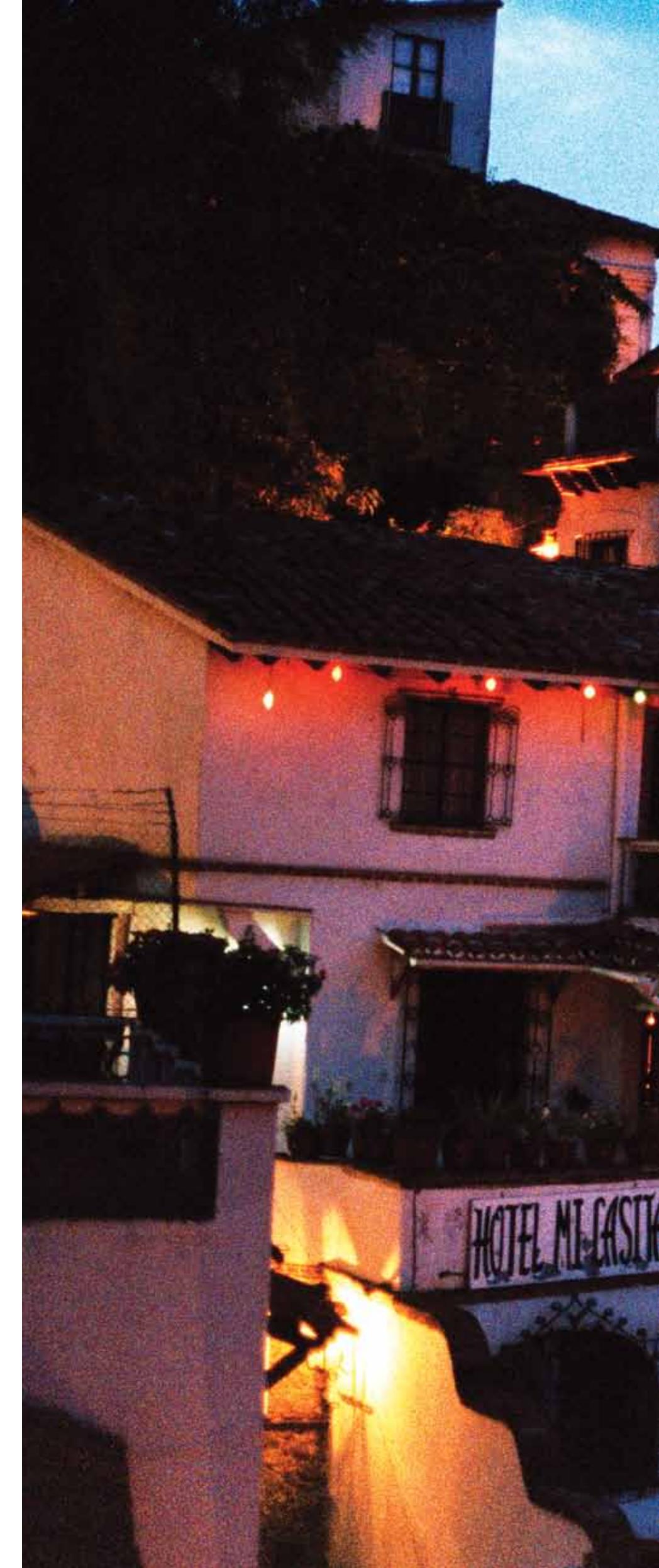
Because of a severe economic recession, the demand for electricity fell in 2009 for the first time since 1945, but this decline is expected to be short. Many experts still predict that the world demand will double over the next twenty years. The demand in the developing countries of Asia may double in the next five years. However, even if the world needs less energy in the coming years, the cost of electricity may continue to rise because the most common fuels – fossil fuels -- are becoming scarce. In contrast, geothermal energy is a gift from Mother Earth; it is not a traditional commodity like oil or coal. This means the cost of geothermal energy is less likely to go up or down due to market speculation.



La otra forma común para utilizar la energía geotérmica es convirtiendo el calor en electricidad. Esto es muy popular por una gran variedad de razones. La primera, porque hace que la energía de la Tierra esté disponible para cualquiera y para cualquier propósito. La energía eléctrica puede ser transportada a grandes distancias. Asimismo, la energía geotérmica es uno de los mejores combustibles para la generación de electricidad. Por una parte, es renovable en mayor o menor grado, dependiendo del yacimiento y de cómo éste sea utilizado. Por otra, es relativamente limpio. Aunque el proceso sí genera residuos, éstos difícilmente son un problema y algunos de ellos incluso tienen beneficios comerciales. Finalmente, la potencia geotérmica es muy constante y confiable. No existen los picos y valles en la energía que provee, como los hay en la energía solar y eólica. Tales fluctuaciones pueden ser difíciles de manejar.

La mayor parte de la energía eléctrica en el mundo se genera quemando combustibles fósiles: petróleo, gas natural y carbón mineral. Sin embargo, estos combustibles contaminan y se están haciendo cada vez más difíciles de producir. En muchas partes de mundo ello los hace costosos para la generación de electricidad. La energía geotérmica renovable es una fuente más económica, y lo será aún más con el paso del tiempo, conforme nos vayamos terminando los combustibles fósiles. Es por esto que alrededor del mundo hay un gran número de plantas geotérmicas de generación de electricidad en construcción. Hasta el día de hoy, se generan 10 GW de electricidad en 25 países, lo cual es suficiente para cubrir las necesidades de todo el Reino Unido, por ejemplo. De acuerdo al Instituto de Políticas de la Tierra, la capacidad total podría superar los 13.5 GW para el año 2011, los cuales se producirían en 46 países; sin embargo, esto todavía es una pequeñísima fracción del potencial mundial.

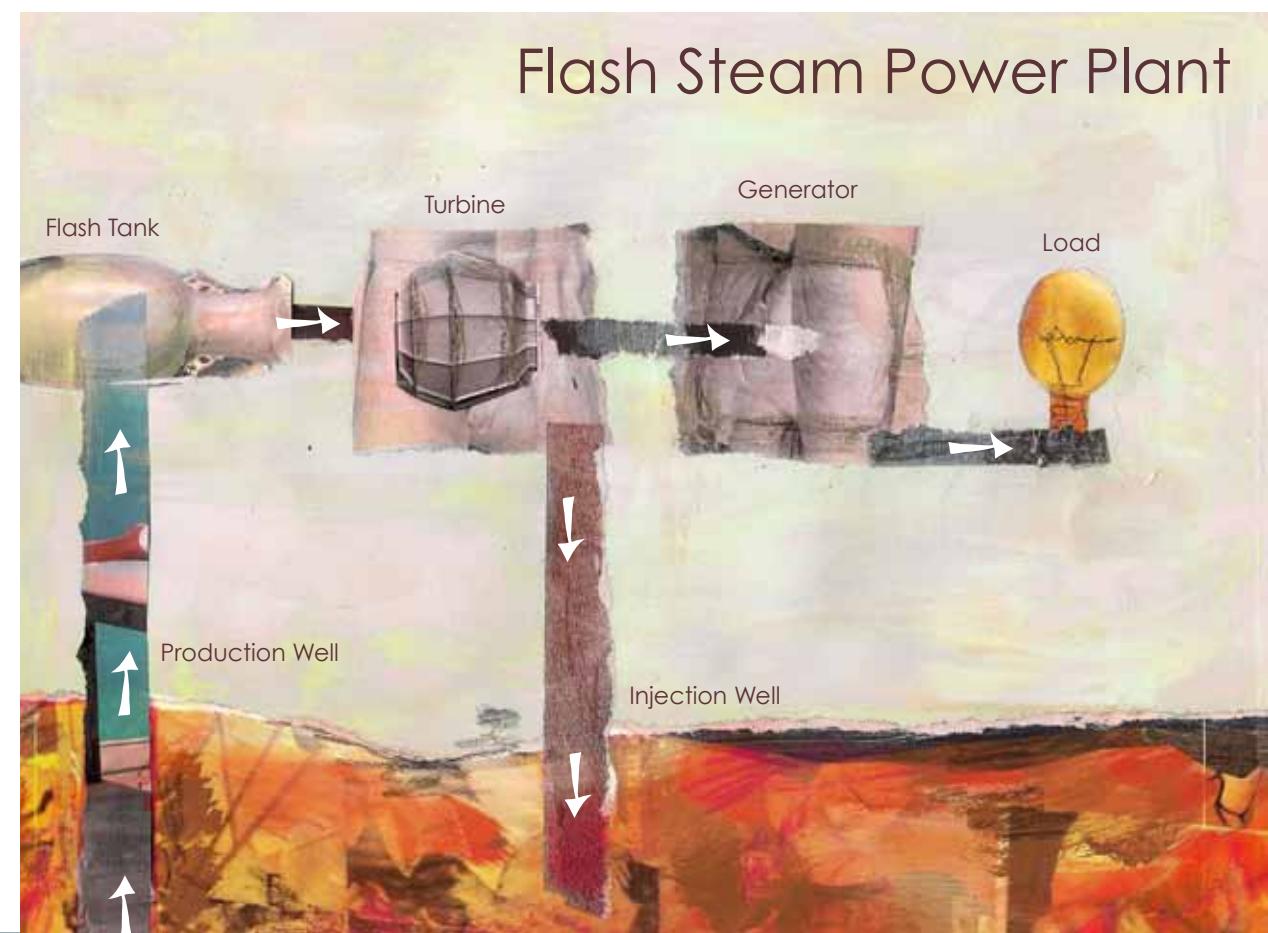
Debido a una severa recesión, la demanda de electricidad en 2009 cayó por primera vez desde 1945, pero se espera que este decremento sea corto. Muchos expertos aún predicen que la demanda se duplicará en los próximos veinte años. La demanda en los países emergentes de Asia se podría duplicar en los próximos cinco años. Pero aún si el mundo necesitase menos energía en los años venideros, el costo de la energía eléctrica podría continuar incrementándose, puesto que los combustibles más comunes, los fósiles, se están agotando. En contraste, la energía geotérmica es un regalo de la Madre Tierra y no es un producto o commodity tradicional, como el petróleo o el carbón mineral. Eso significa que es mucho menos probable que el costo de este combustible suba o baje debido a la especulación del mercado.





A good geothermal system includes a heat source – typically molten rock, or magma, close to the surface; a reservoir of fractured or otherwise permeable rock above the heat source; water or steam within the reservoir; and a cap layer of impermeable rock that holds the heat in. Under these conditions, the reservoir serves as a natural boiler. It can have very high temperatures and pressures. Because of varying pressures, some systems are mostly steam; others are mostly hot water. In some areas, a hot geothermal system is not permeable, or the rock is otherwise dry, lacking water and steam. Some experimental plants are being built that are still able to extract the heat from these systems. Where water is lacking, they inject it, and it is then extracted as steam. Where the rock is too tight, they inject pressurized water and chemicals to fracture the rock. These are called enhanced geothermal systems.

Here's how a dry steam geothermal power plant works: The pressurized steam is carried through pipes to a turbine. The turbine turns an alternator, converting mechanical energy to electrical energy. From here the fluid typically goes to the cooling tower. The cooling tower is easy to spot in the geothermal power station because it's often the largest structure. Since chemicals and various salts are often found in the fluid, the plant may have a special system to separate the found chemicals, depending on the fluid's specific make-up. These chemicals can often be exploited and used in things like fertilizers and detergents. Next, the hot water is separated from the steam. The hot water is re-injected back into the geothermal reservoir and the steam escapes into the atmosphere. In some areas, the steam that is extracted from the Earth is wet, because it is under great pressure. In these cases, the water in the system must be allowed to flash into steam before it can drive a turbine.



Left: The process of the Bimary Power Plant. Above: The Flash Steam Power Plant Process.

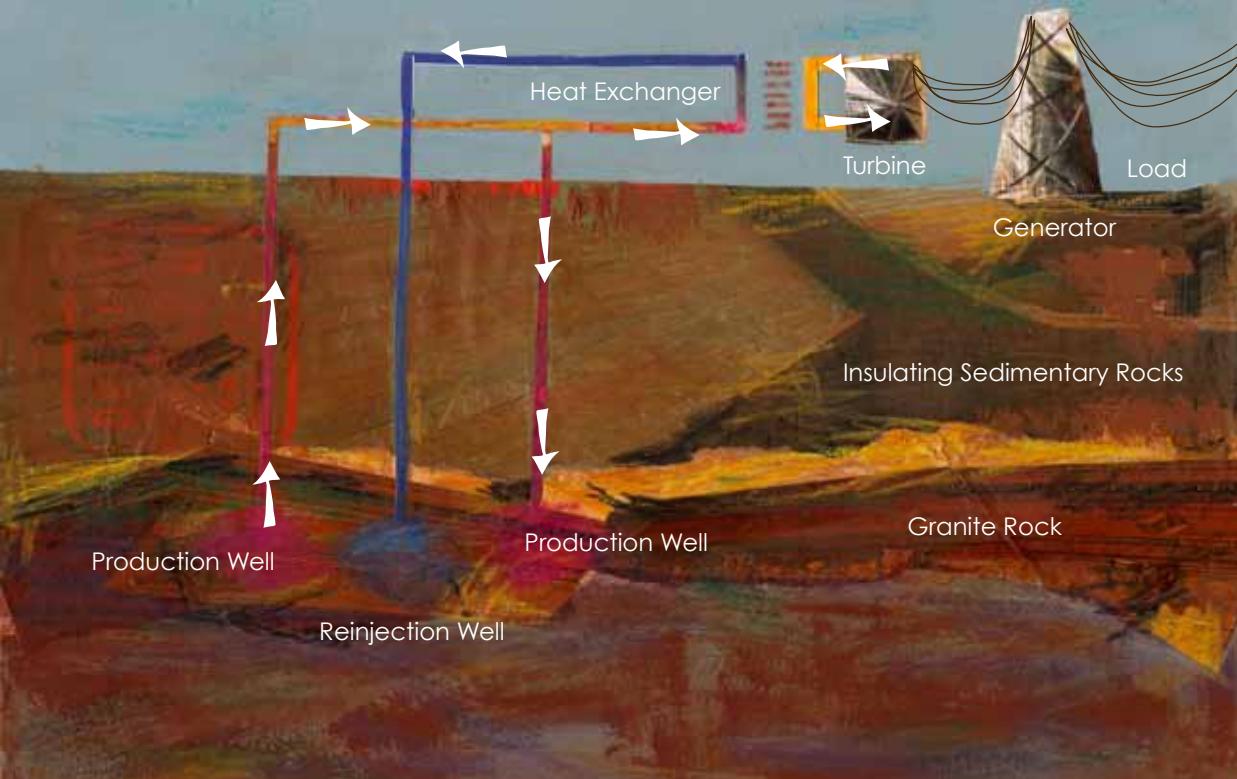
Opposite: The Process of a Dry Steam Power Plant. Mixed Media by Barbara Aranda Diaz



Un buen sistema geotérmico incluye una fuente de calor, típicamente roca fundida o magma, cercana a la superficie; un yacimiento de roca fracturada o permeable sobre la fuente de calor; agua o vapor dentro del yacimiento; y una capa de roca permeable que sirve de tapón y mantiene el calor dentro. Bajo estas condiciones, el yacimiento sirve como una caldera natural, que puede tener temperaturas y presiones muy altas. Debido a las presiones variables, algunos sistemas son básicamente de vapor, mientras que otros son mayormente de agua caliente. En algunas áreas, un sistema geotérmico caliente no es permeable, o la roca está seca por alguna otra razón, por lo cual no tiene agua ni vapor. Se están construyendo algunas plantas experimentales que pueden extraer el calor de estos sistemas. En aquellos donde no hay agua, ésta se inyecta para luego ser extraída en forma de vapor. En aquellos en los que la roca está demasiado apretada, se inyecta agua a presión con algunos químicos adicionados, con la finalidad de fracturar la roca. Éstos se llaman "sistemas geotérmicos mejorados".

La manera en que funciona una planta de generación geotérmica es la siguiente: el vapor a presión se lleva a una turbina por medio de tubos. La turbina mueve un alternador, con lo cual convierte la energía mecánica en energía eléctrica. De allí, el fluido (agua) se lleva por lo regular a la torre de enfriamiento, la cual es fácilmente localizable en una planta generadora geotérmica, puesto que, por lo general, es la estructura más grande del complejo. En este líquido frecuentemente se encuentran químicos y otras sales. Dependiendo del compuesto específico del fluido, la planta puede tener un sistema especial para separar estos químicos. Con frecuencia, estos agregados pueden ser explotados para su utilización en productos como fertilizantes y detergentes. Acto seguido, el agua se separa del vapor; el agua caliente se re-inyecta al yacimiento geotérmico, mientras que el vapor escapa a la atmósfera. En algunas zonas el vapor que sale de la Tierra es vapor húmedo, pues está bajo una gran presión. En estos casos se debe permitir que el agua del sistema se vaporice antes de que pueda hacer girar la turbina.

## Binary Power Plant



One of the most exciting geothermal developments is the use of low temperature resources. For example, electricity can be generated from a cooler hot-water reservoir by using a working fluid that boils at a lower temperature than water. This is called a binary plant. At Chena Hot Springs, Alaska, they use hot springs of only 74° C to generate power. This is the lowest-temperature geothermal resource in the world that is used for commercial power production. One reason for the recent explosion in geothermal power development is that small, portable generators have been perfected. These make small-scale projects feasible in remote areas. At Chena Hot Springs, for example, a 400 Kw binary power plant supplies electricity to a large, remote resort complex. These small power plants are also useful for larger projects, as they allow developers to start small and test the system inexpensively. Once it is proven to work, it can be easily expanded by adding additional plants.

# Dry Steam Power Plant

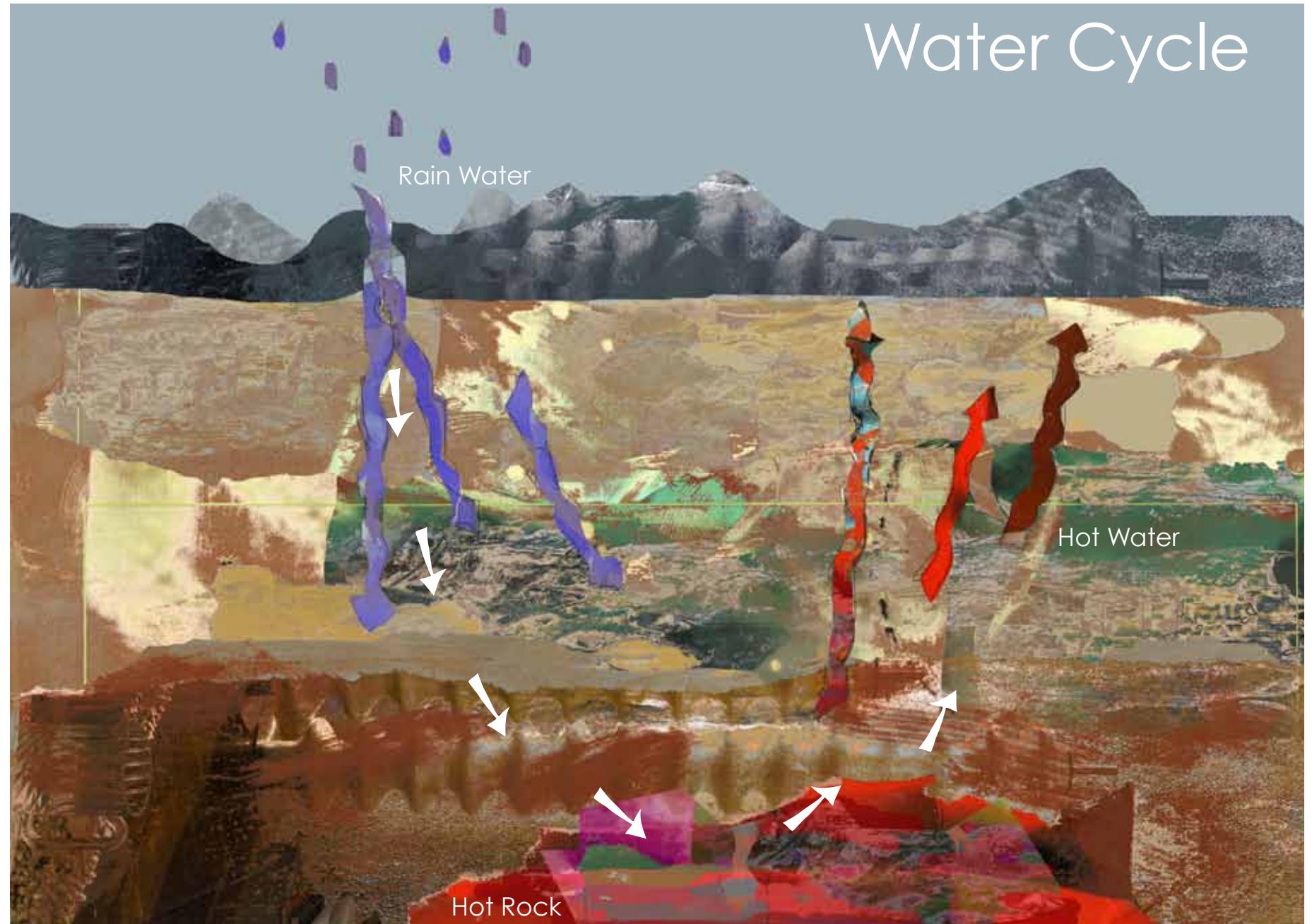


Uno de los desarrollos geotérmicos de mayor interés radica en el uso de fuentes de menor calor. Por ejemplo, es posible generar electricidad de un yacimiento de agua caliente más "fresco", mediante la utilización de un fluido de trabajo con un punto de ebullición menor que el del agua. A esto se le llama una "planta binaria". En Chena Hot Springs, en Alaska, utilizan agua a una temperatura de tan sólo 74°C para generar electricidad. En todo el mundo, ésta es la temperatura más baja de una fuente geotérmica que se utiliza para la generación comercial de electricidad. Una de las razones de la reciente explosión en el desarrollo de generación eléctrica geotérmica es que se han perfeccionado los generadores pequeños y portátiles. Ellos hacen que los proyectos a baja escala en lugares remotos sean factibles. En Chena Hot Springs, por ejemplo, una planta generadora binaria de 400 Kw provee de electricidad a un gran complejo vacacional remoto. Estas pequeñas plantas generadoras también son útiles para proyectos más grandes, pues permiten arrancar en pequeño y probar el sistema de manera barata. Una vez que se demuestra que funciona se puede expandir fácilmente añadiendo plantas adicionales.



Above: Domestic Geothermal Heat Pump System Opposite: The Geothermal Water Cycle Mixed Media by Barbara Aranda Diaz

# Water Cycle



The perfection of geothermal heat pump systems for space heating is probably the most important geothermal development since geothermal power was first produced in 1904. These heat pumps use a working fluid, just as a binary power plant does. But instead of generating electricity, they generate heat. They can harvest extremely low temperature heat out of the ground anywhere in the world. They work something like a refrigerator, but instead of extracting heat from a closed area, like the inside of an icebox, they extract heat from the ground itself. The extracted heat is then used to heat a house or building. Geothermal heat pumps can be used almost anywhere on Earth. They can extract heat from ground temperature as low as 5° C. So it's not surprising that more than two million of them have been installed worldwide. Another advantage of geothermal heat pumps is that, by running them in reverse, we can also use them for cooling,. These systems pay for themselves quickly – especially if they are used with photoelectric panels to offset the electricity they use. They are the one form of geothermal energy you can tap into right now -- whoever you are, wherever you live. Around the world, geothermal energy is replacing the burning of fossil fuels. Every day, innovative new projects are being developed to make the most of the Earth's heat. It's hard to imagine a better energy source: an immense furnace, perfectly insulated, always available, and limited only by our imaginations.

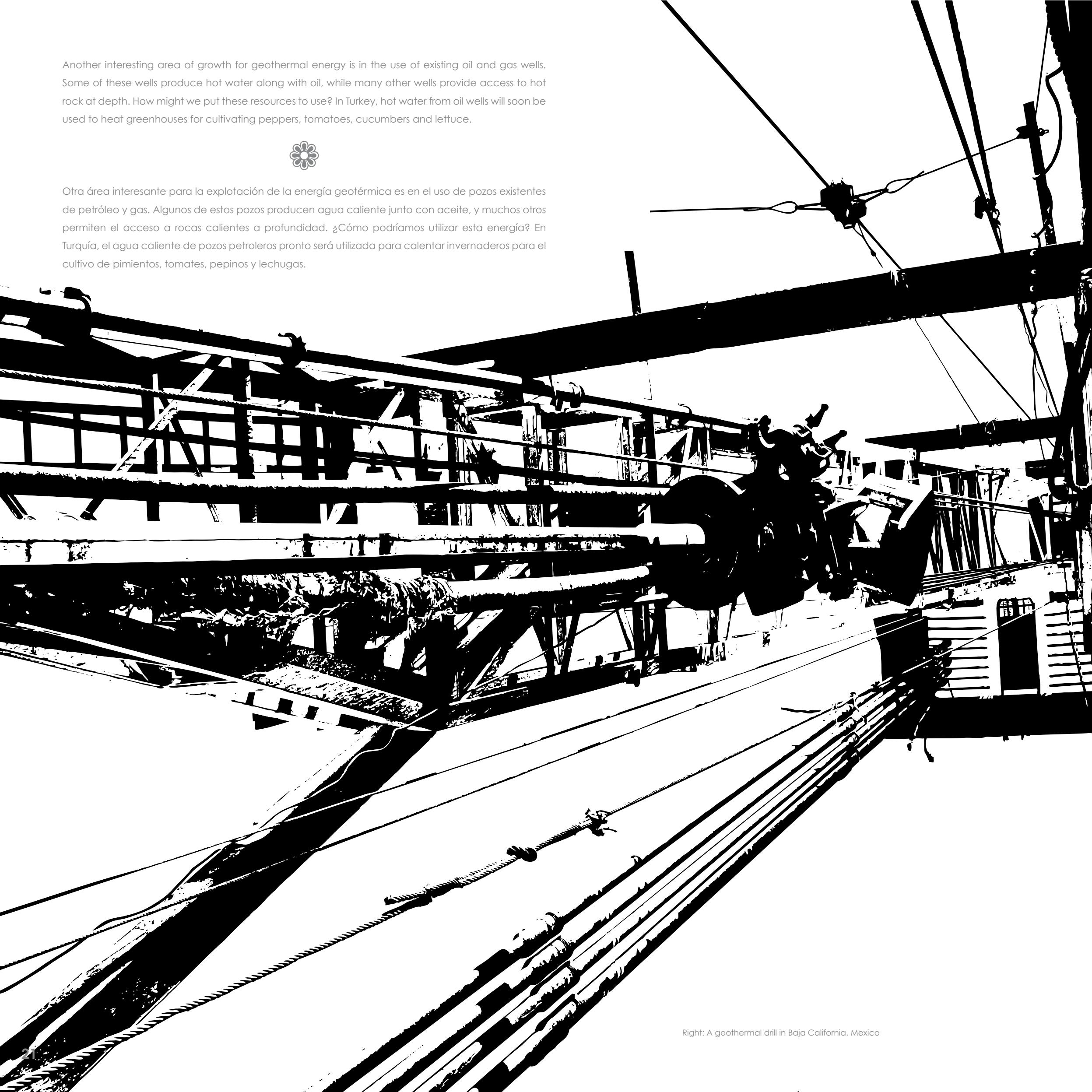


La perfección de sistemas de bombeo de calor geotérmico para la calefacción de espacios es probablemente el desarrollo más importante desde que esta forma de energía se comenzó a producir en 1904. Estas bombas de calor utilizan un fluido de trabajo, tal como lo hace una planta binaria de generación, pero en vez de crear electricidad, generan calor. Pueden extraer temperaturas extremadamente bajas del suelo en cualquier parte del mundo. Trabajan de manera semejante a la de un refrigerador, pero en vez de extraer calor de un área cerrada, como en el caso de una hielera, extraen calor directamente del suelo. El calor extraído se usa entonces para calentar una casa o un edificio. Las bombas de calor geotérmicas pueden ser utilizadas en prácticamente todo el mundo. Pueden extraer calor de suelos que registran temperaturas tan bajas como 5°C, así que no es de sorprenderse que más de 2 millones de éstas ya hayan sido instaladas en todo el mundo. Otra ventaja de estas unidades de bombeo es que también pueden ser aprovechadas para enfriar al hacerlas trabajar a la inversa. Estos sistemas se pagan solos muy rápido, especialmente si se utilizan con paneles fotoeléctricos para reducir el consumo de electricidad. Éstas son una forma de energía geotérmica que usted puede utilizar hoy, quienquiera que sea y dondequiera que viva. Alrededor del mundo, la energía geotérmica está reemplazando la quema de combustibles fósiles. Proyectos nuevos e innovadores se desarrollan diariamente para obtener lo mejor del calor de la Tierra. Es difícil imaginarse una mejor fuente de energía. Es una caldera inmensa, perfectamente aislada, siempre disponible y limitada únicamente por nuestra imaginación.

Another interesting area of growth for geothermal energy is in the use of existing oil and gas wells. Some of these wells produce hot water along with oil, while many other wells provide access to hot rock at depth. How might we put these resources to use? In Turkey, hot water from oil wells will soon be used to heat greenhouses for cultivating peppers, tomatoes, cucumbers and lettuce.



Otra área interesante para la explotación de la energía geotérmica es en el uso de pozos existentes de petróleo y gas. Algunos de estos pozos producen agua caliente junto con aceite, y muchos otros permiten el acceso a rocas calientes a profundidad. ¿Cómo podríamos utilizar esta energía? En Turquía, el agua caliente de pozos petroleros pronto será utilizada para calentar invernaderos para el cultivo de pimientos, tomates, pepinos y lechugas.



Right: A geothermal drill in Baja California, Mexico



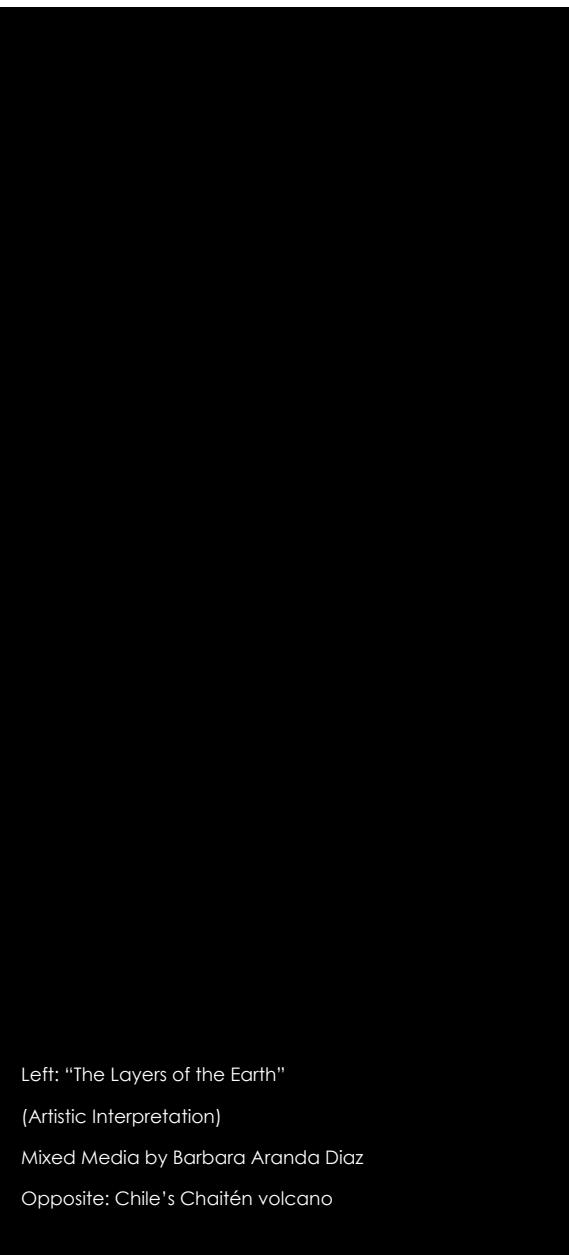
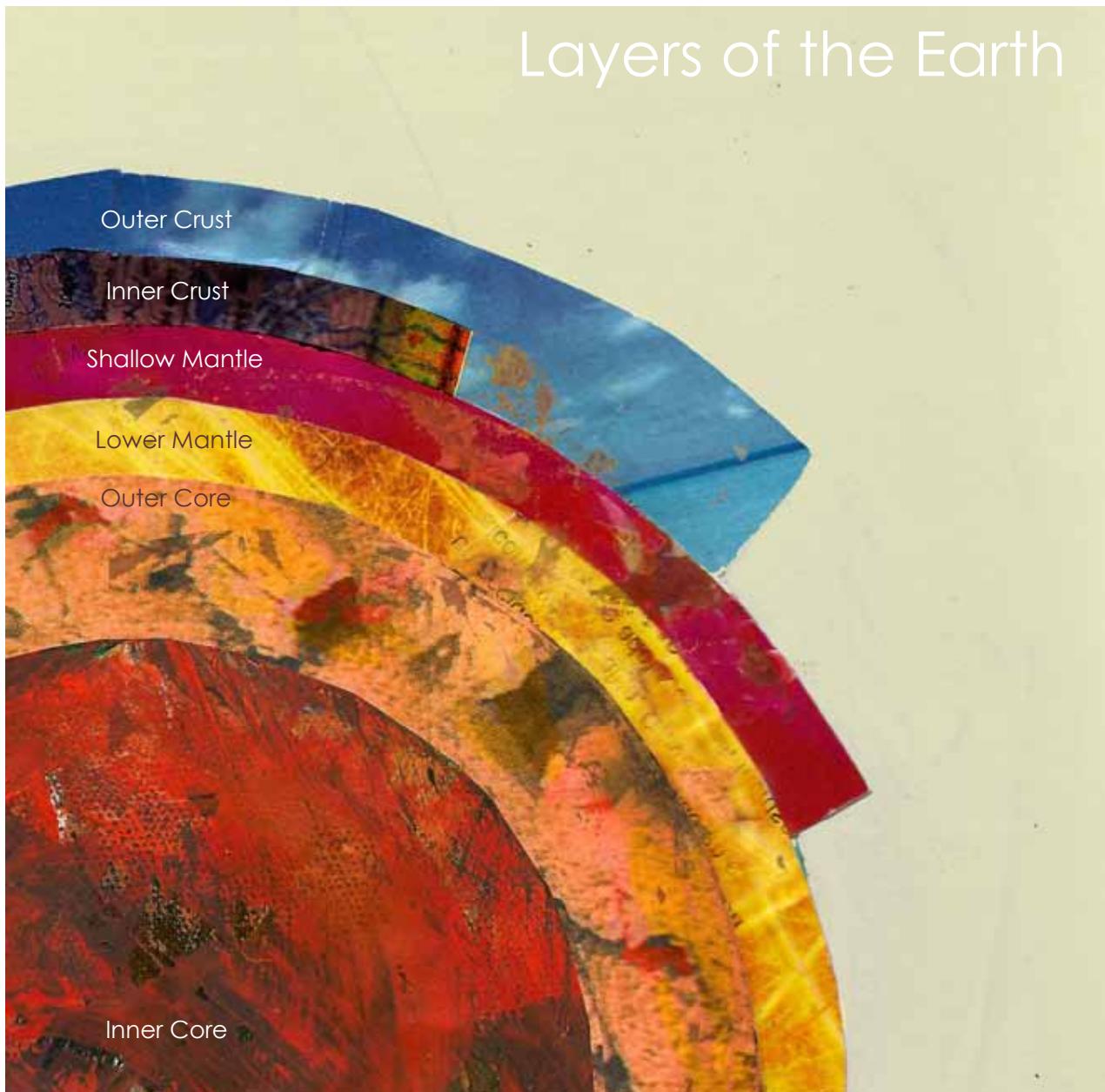
# CHAPTER 3 GEOTHERMAL ENERGY AROUND THE WORLD

## *Every day*

the Earth radiates into space two-and-a-half times the energy needed by Man. Most of the vast reserves of geothermal energy are too deep to be reached economically, but this energy is concentrated in certain areas where it can be exploited. This requires some understanding of the dynamics of the Earth's crust. The Earth's crust is broken into enormous slabs, or tectonic plates, that creep around the planet at the rate of a few centimeters per year; These plates carry entire continents.. About 200 million years ago, they were grouped together, forming a vast supercontinent called Pangaea. But they have been drifting apart ever since. The plates are so massive that enormous energy is released when they collide and slide over one another. These collision areas, where one continent rides over the edge of another, are called subduction zones. Subduction zones have lots of earthquakes because of the plate movement. The bottom plate melts as it is pushed down, and the new molten rock, called magma, that is created by the melting, rises along the broken edges of the upper plate. This is why subduction zones have a lot of volcanoes as well.

The famous "ring of fire" refers to a string of volcanoes created along subduction zones all around the Pacific Ocean. Because magma in these areas is close to the surface,, they all have great geothermal potential. Japan, New Zealand, The Phillipines, Mexico, and the Western United States are all in the ring of fire, and they produce most of the geothermal electric power in the world. But there are many subduction zones all over the world that can be tapped for geothermal energy -- in Italy, for example, which produced the first geothermal electric power in 1904. Another place for geothermal energy is along mid-ocean ridges. These are undersea volcanic ridges that encircle the Earth, like the stitches on a baseball. They are also called spreading centers because they create new crust for the planet by spreading magma onto ocean floors, which also pushes the continents apart. It's difficult to harvest geothermal energy from mid-ocean ridges because almost all are undersea. There is only one exception. Iceland is the only land mass in the world that was created by a spreading center, therefore,, it has the most geothermal potential of any country.

Whether we are using the heat directly, or converting it to electricity and other products, geothermal energy is clean, abundant, widespread, efficient, and renewable. People all over the world are excited about it. For example, the Great Rift Valley, in Africa, has great geothermal potential. The resource in Kenya alone is estimated to be 7000 MW, and President Mwai Kibaki recently announced plans for 1,700 MW of new geothermal capacity within 10 years. This is 150% of the country's total electricity generating capacity from all sources today. In Papua New Guinea, Lihir Gold Limited is expanding its industrial geothermal production from 56 MW to 96 MW. According to the Geothermal Energy Association, 22 new countries will be producing geothermal power for the first time within the next few years.



Left: "The Layers of the Earth"

(Artistic Interpretation)

Mixed Media by Barbara Aranda Diaz

Opposite: Chile's Chaitén volcano

## CAPÍTULO 3 LA ENERGÍA GEOTÉRMICA ALREDEDOR DEL MUNDO



Cada día la Tierra irradia al espacio dos y media veces la cantidad de energía necesaria para el hombre. La mayor parte de las vastas reservas de energía geotérmica están demasiado profundas para ser alcanzadas de manera económica, pero la energía se concentra en algunas áreas donde puede ser explotada. Esto requiere algún entendimiento de la dinámica de la corteza terrestre. La corteza terrestre se divide en tabletas enormes llamadas placas tectónicas que se deslizan unos pocos centímetros cada año alrededor del planeta. Estas placas cargan continentes completos sobre ellas. Hace aproximadamente 200 millones de años, los continentes estaban agrupados en un vasto supercontinente llamado Pangea, pero se han estado separando desde entonces. Las placas son tan masivas, que una cantidad enorme de energía se libera cuando chocan y se montan una sobre otra. Estas áreas de colisión en donde un continente se coloca sobre el filo de otro, se llaman áreas de subducción. Estas zonas presentan muchos terremotos debido al movimiento de las placas. La placa inferior se funde mientras es empujada hacia abajo, y la nueva roca fundida, llamada magma, creada por esta fundición, se eleva por los filos rotos de la placa superior. Por ello, las zonas de subducción tienen muchos volcanes.

El famoso "anillo de fuego" se refiere a una línea de volcanes que se creó a lo largo de zonas de subducción por todo el Pacífico. Puesto que en estas áreas el magma se encuentra cercano a la superficie, todas ellas tienen gran potencial geotérmico. Japón, Nueva Zelanda, Filipinas, México y la parte occidental de Estados Unidos se encuentran dentro del "anillo de fuego", y producen la mayor parte de la fuerza eléctrica geotérmica del mundo. Hay muchas áreas de subducción por todo el planeta, de las cuales se puede extraer energía geotérmica. Un ejemplo es Italia, que en 1904 produjo la primera carga de electricidad por geotermia y tiene zonas de subducción geotérmicas en producción. Otro lugar donde se encuentra la energía geotérmica es a lo largo de las cadenas montañosas del centro del océano. Éstas son cadenas volcánicas submarinas que circundan la Tierra de manera similar a las costuras en una pelota de béisbol. También son llamadas "centros expandibles", puesto que crean nueva corteza para el planeta al distribuir magma al fondo del océano, lo cual separa los continentes. Es difícil obtener energía geotérmica de las cadenas oceánicas pues casi todas se encuentran sumergidas. La excepción es Islandia, la única masa terrestre en el mundo creada por un centro de expansión; por ello tiene mayor potencial geotérmico que cualquier otro país.

Ya sea que estemos utilizando el calor directamente, o que lo estemos convirtiendo en electricidad u otros productos, la energía geotérmica es limpia, abundante, extensa, eficiente y renovable. Gente de todo el mundo está entusiasmada al respecto. Por ejemplo, el Valle Great Rift, en África, posee gran potencial geotérmico. Tan sólo en Kenia, el recurso se estima en 7,000 MW. El presidente Mwai Kibaki recientemente anunció planes para el desarrollo de 1,700 MW de nueva capacidad geotérmica para los próximos 10 años. Esto constituye 150% de la capacidad actual de generación de energía eléctrica total de ese país y de todas las fuentes que posee al día de hoy. En Papua, Nueva Guinea, la compañía Lihir Gold Limited está expandiendo su producción geotérmica industrial de 56 MW a 96 MW. De acuerdo con la Asociación de Energía Geotérmica, 22 países estarán produciendo energía geotérmica por primera vez dentro de los próximos años.

Geothermal energy is accessible in other areas as well. In some places, deep faults in the middle of continents deliver hot water or steam to the surface from great depth. Heat may also be created near the surface, from radioactivity or other chemical reactions. For example, some mine tunnels and shafts become toasty when their minerals are exposed to air. Geothermal energy may also be found in volcanic hot spots -- spikes of high heat in the cooler middles of tectonic plates. Yellowstone National Park in the Western United States, and the Pacific islands of Hawaii are hot spots. They are caused by plumes of molten rock rising up near the crust from deep within the Earth. These plumes are so deep that tectonic plates ride over them. This is why the hot spots appear to be moving. Yellowstone is the largest hot spring and geyser basin in the world, with more than ten thousand hot springs, and hundreds of geysers. It appears to be moving east at four centimeters per year, when the hot spot is actually stationary. It is the North American Plate that is moving west at that rate.

New Zealand has long been a leader in geothermal development. The lack of oil or hydropower on the North Island spurred geothermal power development at Wairakei in the 1950s. By 1960, the area was generating 69 MW of power, and today, nearly 500 MW is produced on both the North and South islands. The native Maoris have used the hot water for many generations, primarily for bathing and cooking, and that tradition continues. Let's take a look at some other countries that are making good use of geothermal energy.



La energía geotérmica también se puede encontrar en zonas volcánicas calientes, puntos de alto calor en los centros (más fríos) de las placas tectónicas. El Parque Nacional de Yellowstone en el oeste de Estados Unidos y las islas de Hawái son "zonas calientes". Éstas son provocadas por chimeneas de roca fundida que se elevan hasta cerca de la corteza, desde grandes profundidades dentro de la Tierra. Estas chimeneas son tan profundas que las placas tectónicas se montan sobre ellas; ésa es la razón por la cual las zonas calientes aparentan estar en movimiento. Yellowstone es la cuenca más grande de charcas y géiseres en el mundo, con más de 10,000 charcas y cientos de géiseres. Parece estarse moviendo al este a una tasa de 4 centímetros por año, aunque la realidad es que se encuentra inmóvil. Es la placa de Norteamérica la que se mueve al oeste a esa velocidad. La energía geotérmica también es accesible en otras partes. En algunas áreas, fallas profundas en el centro de los continentes entregan agua caliente o vapor a la superficie desde las grandes profundidades. También se puede crear calor cerca de la superficie debido a la radiactividad o a otras reacciones químicas. Por ejemplo, algunos túneles de minas se tornan muy calientes cuando sus minerales son expuestos al aire.

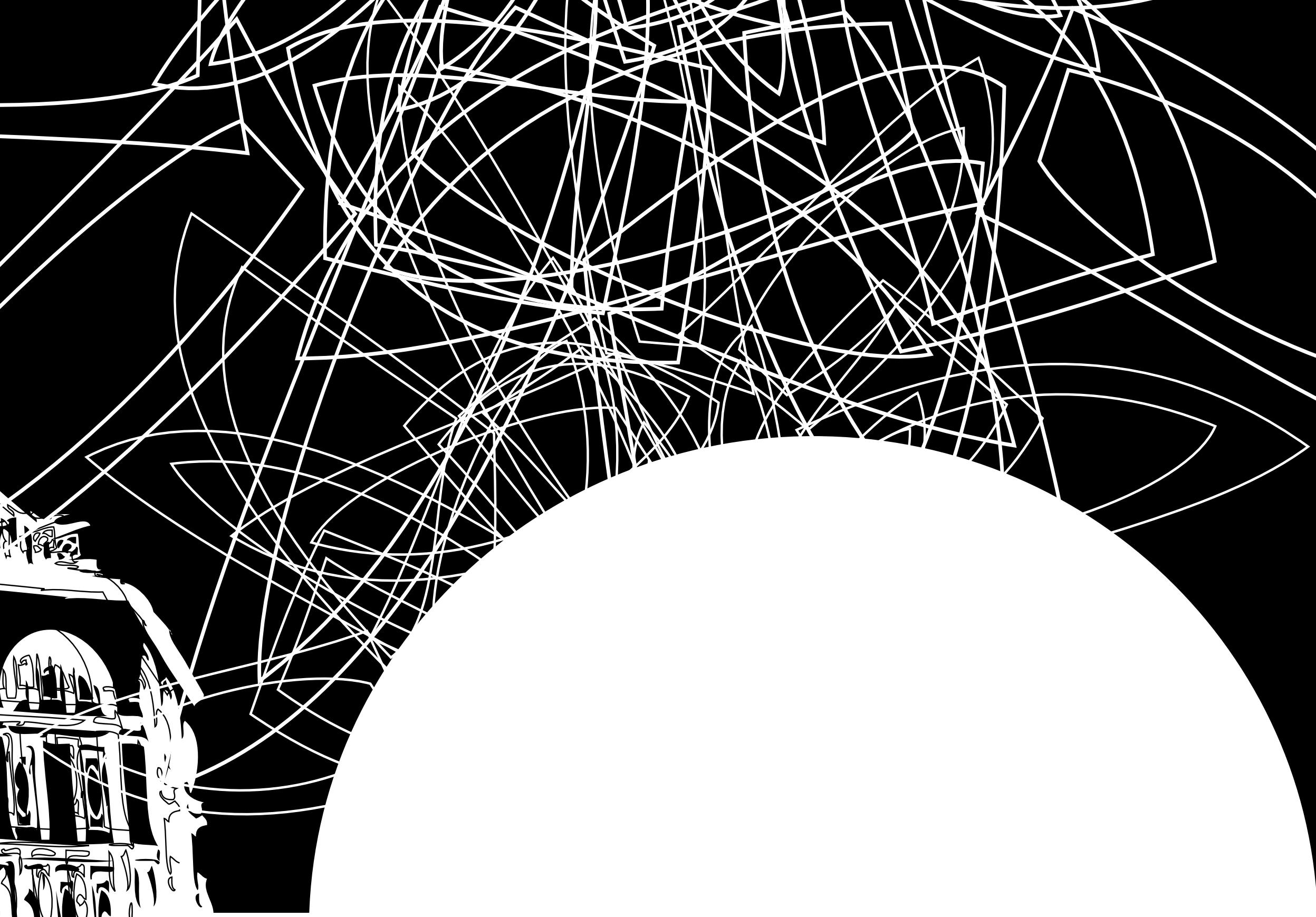
Nueva Zelanda ha sido un líder en desarrollo geotérmico durante mucho tiempo. La falta de petróleo o poder hídrico en la Isla Norte, promovió el desarrollo de electricidad geotérmica en Wairakei en la década de 1950. Para 1960 el área ya estaba generando 69 MW. Hoy, casi 500 MW se producen tanto en la Isla Norte como en la Sur. Los nativos maoríes han utilizado el agua caliente durante muchas generaciones, básicamente para bañarse y cocinar... y la tradición continúa. Veamos otros países que están haciendo buen uso de la energía geotérmica.



EIGHT COUNTRIES LEAD THE WORLD IN TOTAL GEOTHERMAL ELECTRICITY CAPACITY:  
ITALY, THE UNITED STATES, THE PHILIPPINES, INDONESIA, MEXICO, JAPAN, ICELAND, AND NEW ZEALAND.

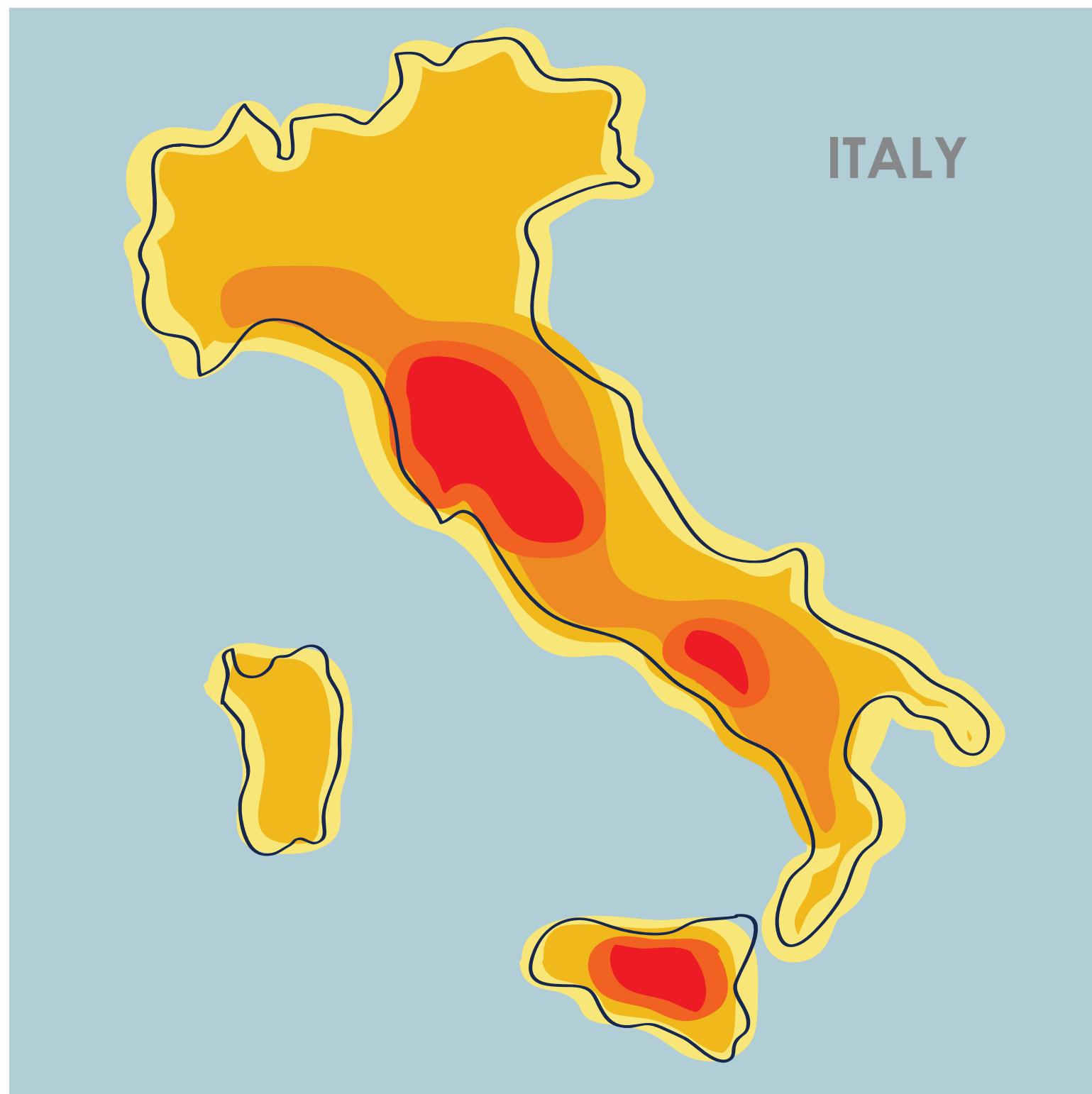
NEW EXPLORATION AND DEVELOPMENT IS OCCURRING IN THE FOLLOWING PLACES:  
CENTRAL AMERICA, TURKEY, THE CARIBBEAN, RUSSIA, CHILE, EAST AFRICA, CANADA,  
HUNGARY, GERMANY, CHINA, INDIA, AND AUSTRALIA.





ITALIA





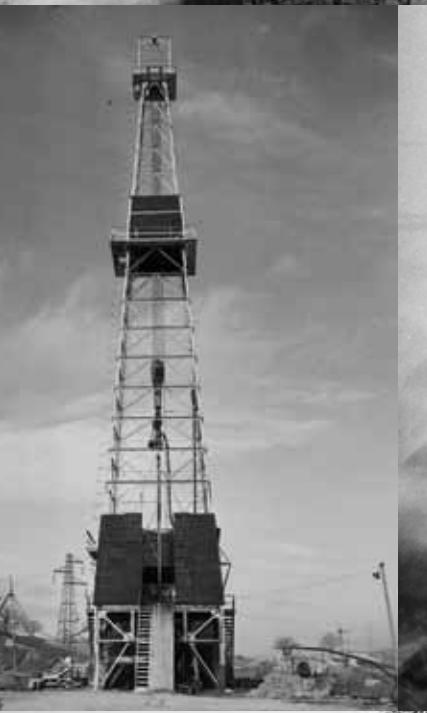
Country: Italy

Ranking: 5th largest developer of geothermal energy in the world

Installed geothermal electric capacity: .8 gigawatts

Number of operating power plant units in the country: 33

Percentage of national electricity provided by geothermal energy: 2%



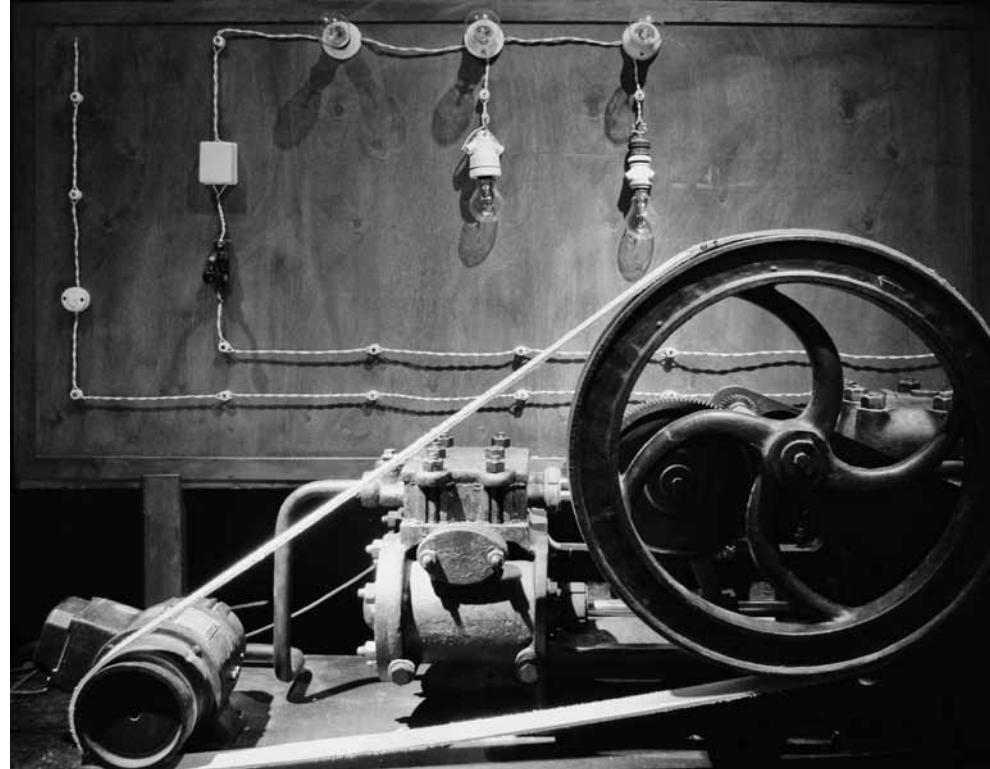
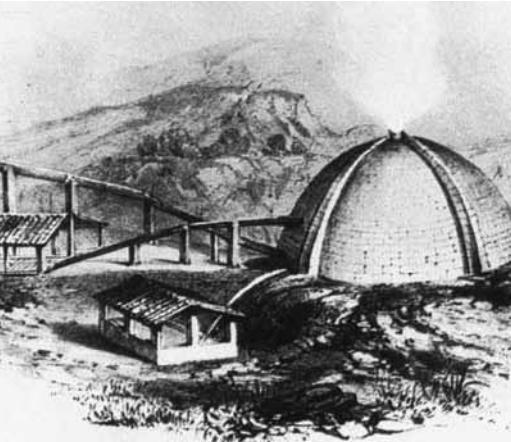
# ITALY

The first dry steam power plant was built in Larderello, Italy in 1904 by Prince Piero Ginori Conti. It is considered to be one of the most spectacular historical advances in the efforts to harness geothermal energy. Another field experiment, also in 1904, used a piston engine fed by wet steam supplied from a well near Larderello. This engine was coupled to a 10 kW dynamo to which five bulbs, a few watts each, were connected.

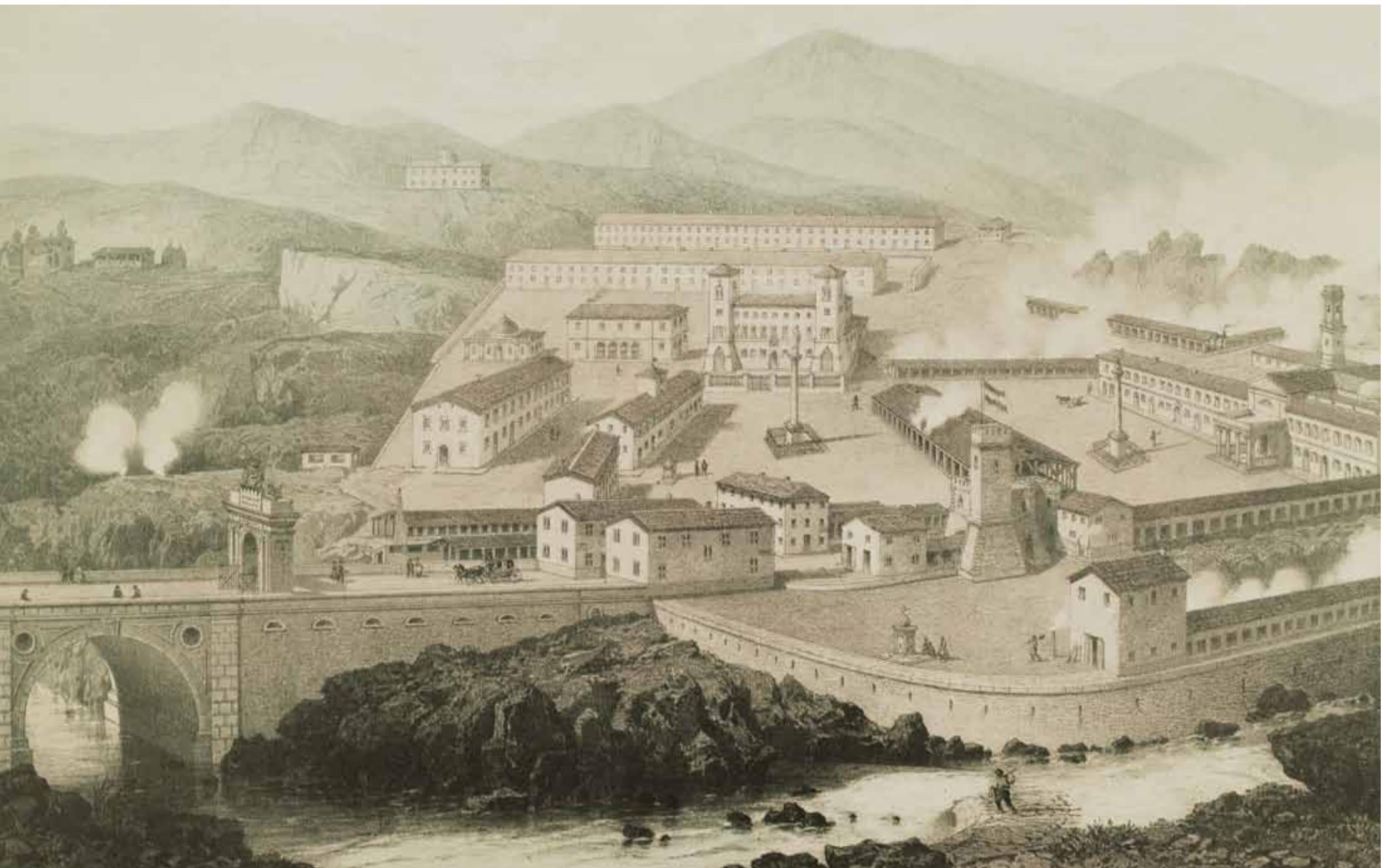
The success of the experiment led to the construction of a prototype geothermal piston engine. It was coupled with a 20 kW dynamo, which for many years enabled lighting the palace and other residential buildings at Larderello. The installation of a different prototype geothermal group followed in 1908; it was a Neville piston engine, still coupled with a 20 kW dynamo. This time, a few chemical plants in the area were electrified. Both groups were driven by pure steam obtained with heat exchangers fed by natural steam from nearby wells.

The information gathered from the two experimental groups over several years of safe operation, with regards to the behavior of the production wells, provided the electromechanical firm Franco Tosi with the basic elements necessary to design the first geothermal power plant in the world. It was an "indirect cycle" 250 kWe turbine that could be operated with a running pressure of up to 3 atmospheres at well head. This plant was commissioned in 1913, and it allowed electrifying all the chemical plants and most villages of the region, as well as the main towns to the North of Larderello, including Pomarance, Saline and Volterra, between 1914 and 1916.

Since that time, the number of power stations has been constantly growing. By 1975 there were 17 stations which produced 420 MW, to which the 15 – 20 MW "unified units" must be added, all of which increased the number to 25 plants in the '80s. A plant renewal program began in the '90s for the Larderello area which, in addition to the development of new areas, included the construction of new plants and the dismantling of old, obsolete ones and the replacement of machinery in other sites. This program ended in 2003 and brought the total to 34 plants and 862 MW installed capacity, with yearly production of over 5000 GWh.



Left: Historic images of Larderello, Italy all images © LIFE Magazine archives.  
Right: Discovery of electrical generation using geothermal steam circa 1913.



La primera planta generadora a base de vapor seco se construyó en Larderello, Italia, en 1904 por Prince Piero Ginori Conti. Se considera uno de los más espectaculares avances en los esfuerzos para dominar la energía geotérmica. Otro experimento, llevado a cabo también en 1904, utilizó una máquina de pistón, alimentada por vapor húmedo puro, el cual era provisto por un pozo cercano a Larderello. Esta máquina hacía funcionar un dinamo de 10kW, al cual se le habían conectado unos cuantos focos de unos pocos watts.

El éxito del experimento llevó a la construcción del prototipo de una máquina geotérmica a pistón. Estaba unida a un dinamo de 20kW y durante muchos años permitió iluminar tanto el palacio como otras edificaciones residenciales en Larderello. La instalación de un prototipo de grupo geotérmico le siguió en 1908; se trataba de una máquina a pistón Neville, todavía unida a un dinamo de 20kW. En esta ocasión se electrificaron algunas plantas químicas en el área. Ambos grupos se operaban con vapor puro, el cual se obtenía por medio de intercambiadores de calor alimentados por vapor natural de pozos cercanos.

La información relativa al comportamiento de los pozos de producción, obtenida de los dos grupos experimentales durante varios años de operación segura, proveyó a la firma Franco Tossi de los elementos básicos necesarios para diseñar la primera planta generadora geotérmica en el mundo. Se trataba de una turbina de "ciclo indirecto" de 25kW que podía ser operada con una presión corriente de hasta tres atmosferas, en el cabezal de pozo.

Esta planta se comisionó en 1913 y permitió electrificar todas las plantas químicas, así como la mayoría de los poblados de la región, incluyendo a Pomarance, Saline y Volterra, entre 1914 y 1916. Desde entonces, el número de plantas generadoras ha crecido constantemente. Para 1975 ya había 17 estaciones, las cuales producían 420 MW, a las que se deben añadir las "unidades unificadas" que incrementaron el número a 25 plantas en la década de 1980.

Un programa de renovación de plantas para el área de Larderello dio comienzo en la década de 1990. Además del desarrollo de nuevas áreas, incluía la construcción de plantas nuevas y el desmantelamiento de plantas viejas y obsoletas, así como el reemplazo de maquinaria en otros sitios. Este programa concluyó en 2003 y alcanzó un total de 34 plantas y 863 MW de capacidad instalada, con una producción anual de 5,000 Gwh.







A Tuscan village enjoys electricity from nearby Enel Geothermal Power Station.

Italy leads Europe and most of the rest of the world in geothermal development. The small town of Larderello, where world geothermal production began in 1904, still produces most of the 810 MW total geothermal power generated in the country. But geothermal potential abounds throughout the peninsula, and extends into Sicily. Why? Because two plates of the Earth's crust are colliding there -- the African plate to the south, and the European plate to the north. This collision area is even more complex than most, because the plates are composed of many different kinds of rock. Some of these rocks are very brittle, and when they shatter, they allow magma to penetrate near the surface. This is why Italy is very volcanic and also why it has great geothermal potential.

The Italians were and continue to be pioneers in drilling and in the development of geothermal steam turbines. The new Valle Secolo power station uses different, innovative turbines and steam flow techniques; it is the first of five planned 60 MW plants that will be installed within the next few years. These expansions and new renovations will increase the power output at Larderello by 50%.



Italia lidera a Europa y en desarrollo geotérmico. El pequeño pueblo de Larderello, donde comenzó la producción geotérmica mundial en 1904, aún produce la mayor parte de los 810 MW totales de electricidad geotérmica que se generan en el país. El potencial geotérmico abunda en toda la península y se extiende a Sicilia. ¿Por qué? Porque dos placas de la corteza terrestre chocan allí: la placa Africana, al sur, y la placa Europea, al norte. Esta área de colisión es aun más compleja que la mayoría. Las placas están compuestas de muchos tipos diferentes de rocas. Algunas de éstas son muy frágiles y cuando se rompen permiten que el magma penetre cerca de la superficie. Esto explica la intensa actividad volcánica que tiene Italia y también su gran potencial geotérmico.

Los italianos fueron pioneros en la perforación y en el desarrollo de turbinas a vapor geotérmico. La próxima planta de Valle Secolo utiliza turbinas nuevas e innovadoras y técnicas nuevas de flujo de vapor. Es la primera de 5 plantas de 60 MW que serán instaladas en los próximos años. Estas expansiones y renovaciones incrementarán la producción de electricidad de Larderello en 50%.





Italians use geothermal heat in imaginative ways, just as their Roman ancestors did. In the Abano area, in the Po Valley, more than 200 hot wells supply space heat and spa facilities for about 150 hotels. At Ferrara, also in the Po Valley, an old oil well was converted to a production well for a heating district for the village. Many other heating districts have been established throughout Italy – primarily in Tuscany, where geothermal steam is also used to heat fields so vegetables can be grown year-round.

Italy is in a unique position to greatly expand its use of geothermal energy. Italy has highly skilled geothermal professionals who are now working all over the world. It has a tradition of geothermal innovation, and it has the greatest geothermal resources in Western Europe. So it's not surprising that the Italian Geothermal Union is optimistic. Italians project that by 2020, they will produce 1200 to 1500 MW of electricity, and will directly use six to nine times the amount of heat being used now.

Left: Larderello Geothermal Power Station

Right: Scenes from Tuscany

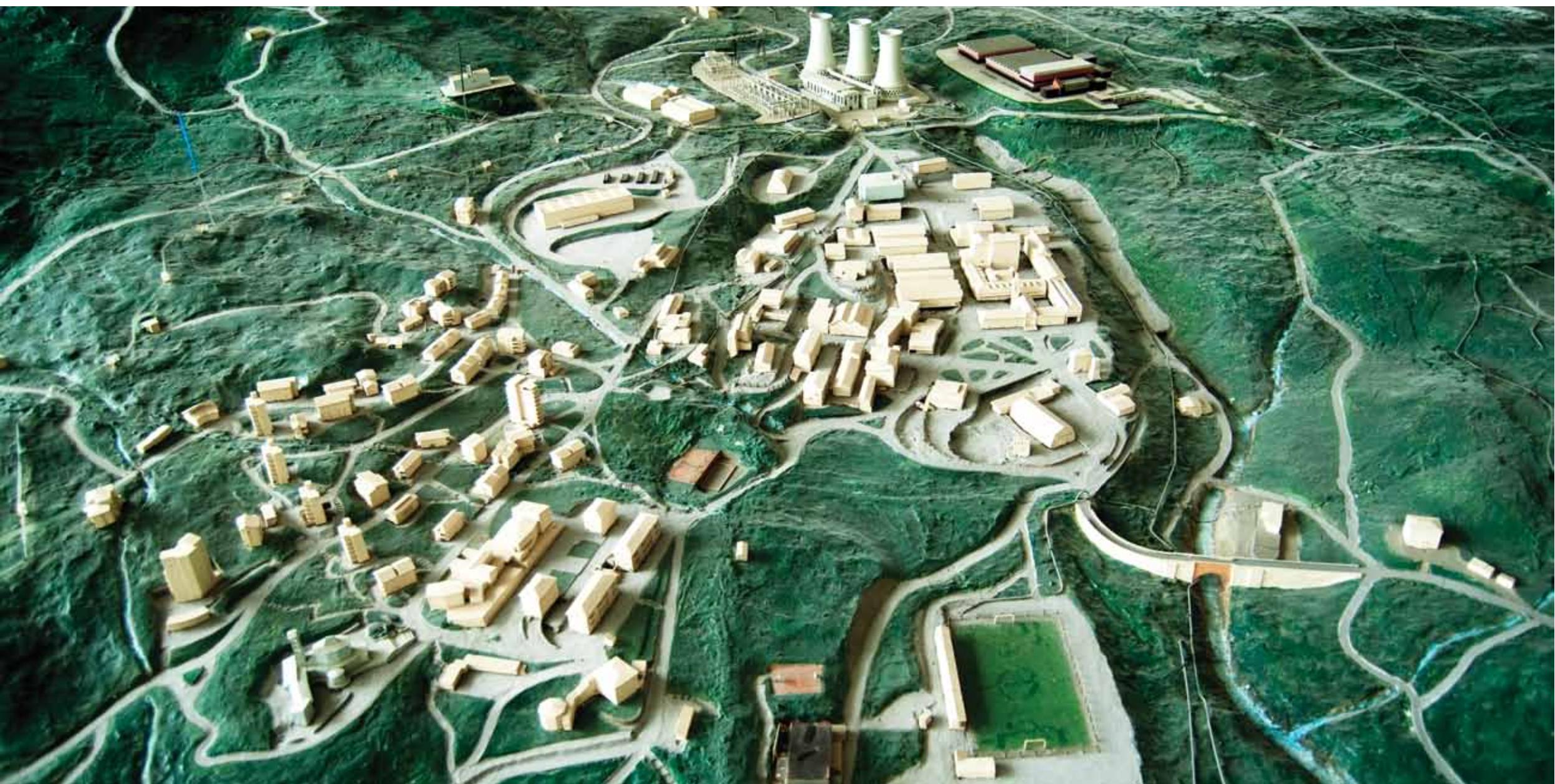
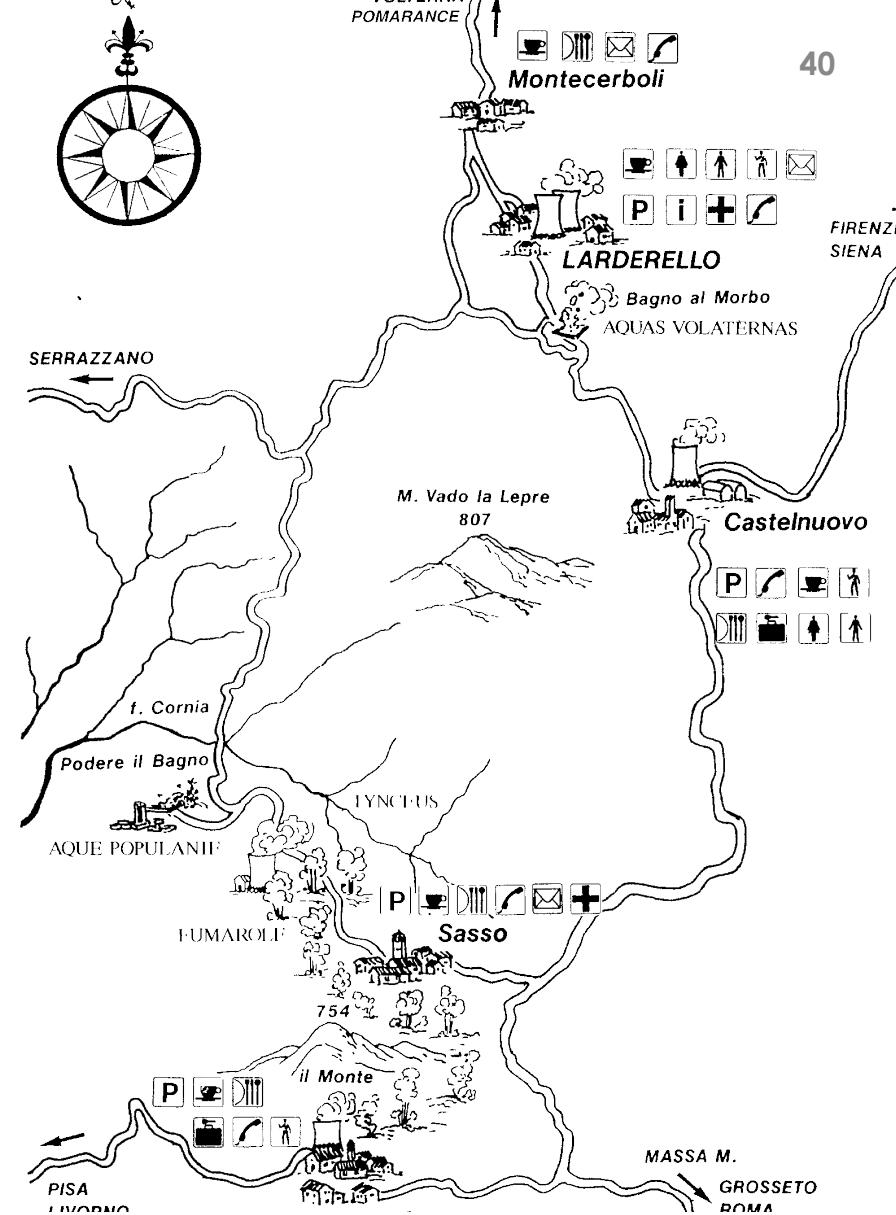


Tal como lo hicieran sus ancestros romanos, los italianos utilizan el calor geotérmico de maneras imaginativas. En el área de Abano, en el valle del río Po, más de 200 pozos calientes proporcionan calefacción e instalaciones de spa a unos 150 hoteles. En Ferrara, también en el valle del Po, un viejo pozo petrolero fue convertido en pozo de producción para proveer un distrito de calefacción al pueblo. Muchos otros distritos de calefacción se han establecido a lo largo de toda Italia, principalmente en La Toscana. También en La Toscana el vapor geotérmico se utiliza para calentar los campos para que produzcan cosechas todo el año.

Italia se halla en una posición única para expandir su aprovechamiento de energía geotérmica. Tiene hábiles profesionistas geotérmicos, quienes ahora trabajan por todo el mundo, así como una tradición de innovación geotérmica y los recursos geotérmicos más grandes de Europa Occidental. No es de sorprenderse que la Unión Geotérmica Italiana sea optimista. Proyecta que para el año 2020 Italia producirá de 1,200 a 1,500 MW de electricidad y utilizará directamente de 6 a 9 veces más la cantidad de calor que utiliza hoy en día.

Left: "Power Station" by Kara Burke, acrylic on wood.

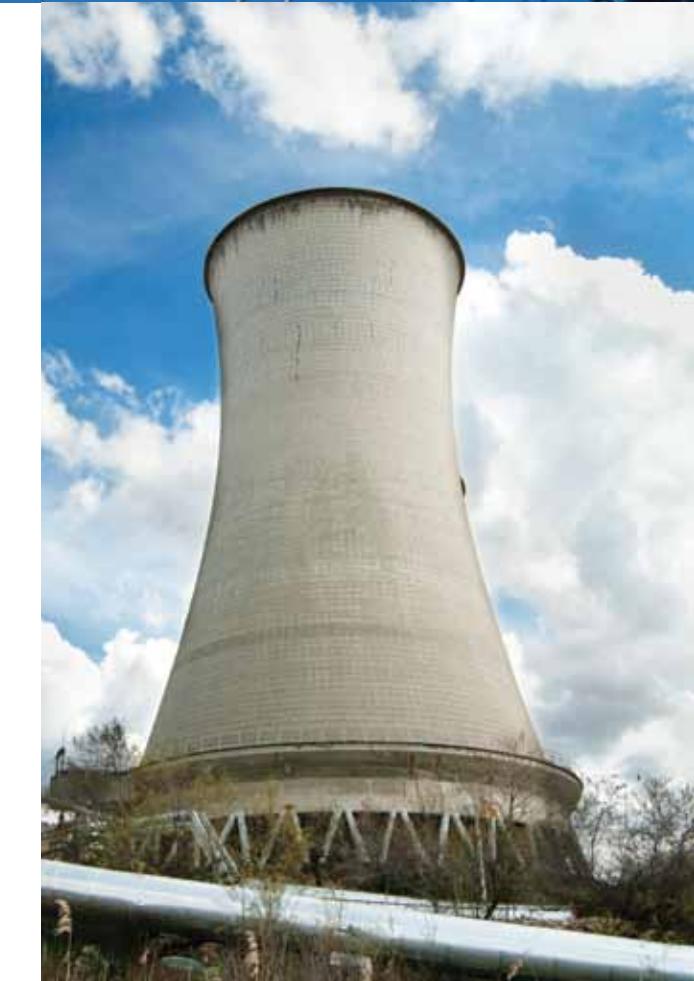
Below: Model of Larderello Power Station





Left: Antique machinery at Larderello Geothermal History Museum.

Right: Enel workers, Cooling Tower, Geothermal Steam





## EXCLUSIVE INTERVIEW

Antonio Fini  
Director of Geothermal History Museum  
Enel Energy Company  
Larderello Italy

"At Larderello, we have three reservoirs – each at a different depth. The deeper we drill, the higher temperature and pressure. Our deepest production wells are 5000 meters deep. The ratio of water to steam varies. We increase or decrease the number of blades on our turbines based on the proportions of steam and water. Our research department develops these innovations for us. This department also does experimental drilling. For example, we have drilled experimental wells 6,000 meters deep."

In the south of Tuscany we produce 23% of our energy needs from Geothermal energy. The power stations range from 20 MW to 60 MW each; total installed capacity is 715 MW. Many neighborhoods in several nearby villages are heated directly by hot water produced at Larderello. The heat is also used for swimming pools and green houses. When we have this kind of warm fluid it doesn't belong just to us; we discuss this resource with the people in the surrounding areas, and help them to use it if we can. The steam from the deeper reservoirs carries more solids in solution. But we have a new system that cleans the steam we harvest. It reduces mercury, sulfur, and other elements to trace amounts. This is not something we were forced to do, however, we recognized a need to keep the air and water clean. We also have a factory that bottles the carbon dioxide so we don't put any into the atmosphere, so we make some profit in selling "bad" CO<sub>2</sub>.

Most of the local people in Southern Tuscany, were born here and have a long family history here. So we try to work with them. The first pipeline we put in here was 400 meters long. The people from Florence and Milan said, "Why do you put such ugly pipelines here in Tuscany?"

But the local people are used to it. They know this is our way of life, our livelihood. For me, when I go to Florence and the big cities, I say, "What is this ugly traffic?" But the people there are used to it. This is the same thing. When you talk to people and explain why we have the pipes, they understand.

Sometimes people come here and say, "Why do you build all the pipelines? It ruins the view." I ask them to keep their questions about the pipeline until the end of the geothermal presentation. Then I explain to them all the good things about geothermal and about how it's good for the Earth. Then, at the end, I say, "Are you still worried about the pipeline?" They say, "No. I understand." And we laugh. It always happens just like that. Then we show them the geothermal swimming pool and the greenhouses and they really get excited about this type of energy.

We do everything possible to encourage people to ask questions because we are very proud of geothermal energy. We Italians were the first to start dreaming in the heart about this. We were already imagining geothermal power in 1828! We were the first in the world to produce electricity from geothermal energy. We do seismic research too, because we are close to a fault line. We have computer programs that help us predict seismic activity; this way we can estimate how much water we can inject without triggering seismic activity, we have to keep this balance. We also have to be precise about how we re-inject the water so we don't cool the reservoir. We monitor everything very carefully, and the instant we see something abnormal, we stop production. Then we see if it's a problem of ours or not, but first we stop, to be safe. We are very careful.

The future of geothermal energy here depends on research. We're increasing production, but only as quickly as the research allows us. We are also working in many parts of the world; we have a 40 MW power plant in El Salvador. We are doing the drilling, the pipeline, and the power station. We are also drilling in Panama, Costa Rica, Guatemala, and northern Chile. We are very active in Latin America."



"En Larderello tenemos tres yacimientos, cada uno a profundidad distinta. Mientras más profundo perforamos, más alta es la temperatura y la presión. Nuestros pozos de producción más profundos están a 5,000 metros. La relación de agua a vapor varía; incrementamos o reducimos el número de álvales en nuestras turbinas basados en las proporciones de vapor y agua. Nuestro departamento de investigación nos desarrolla estas innovaciones. Este departamento también lleva a cabo perforación experimental; en este rubro, hemos perforado pozos hasta de 6,000 metros de profundidad.

En el sur de La Toscana, producimos 23% de nuestro requerimiento energético con energía geotérmica. Las plantas generadoras están en el rango de 20 a 60 MW. La capacidad total instalada es de 715 MW. Muchas colonias de varios pueblos cercanos se calientan directamente con agua producida en Larderello. El calor también se utiliza en albercas e invernaderos. Cuando tenemos este tipo de líquido caliente no nos pertenece solamente a nosotros. Discutimos el uso de este recurso con la gente de las áreas circundantes y les ayudamos a utilizarlo si podemos. El vapor de los yacimientos más profundos contiene mayor cantidad de sólidos disueltos. Tenemos un nuevo sistema que limpia el vapor que cosechamos; reduce el mercurio, azufre y otros elementos a cantidades mínimas. Esto no es algo a lo que estemos obligados, sin embargo, reconocemos la necesidad de mantener el aire y el agua limpios. También tenemos una fábrica que embotella el dióxido de carbono para no soltarlo en la atmósfera, así que obtenemos una utilidad vendiendo CO<sub>2</sub> "malo".

La mayoría de la gente del sur de La Toscana nació allí y tiene una larga tradición familiar, así que tratamos de trabajar con ellos. El primer ducto que instalamos allí media 400 metros de largo. La gente de Florencia y Milán preguntaba: '¿Por qué pusieron ductos tan feos aquí en La Toscana?' pero la gente local ya se acostumbró, saben que es nuestra forma de vida. Yo cuando voy a Florencia y las ciudades grandes pregunto: '¿Por qué tienen este tránsito tan feo?' pero la gente allí ya se acostumbró. Es lo mismo. Cuando hablas con las personas y les explicas por qué tenemos los tubos, entienden.

A veces la gente viene aquí y pregunta: '¿Por qué construyen todos esos ductos? Arruinan la vista', les pido que guarden sus preguntas acerca del ducto hasta el final de la presentación de geotérmica. Entonces les explico todas las cosas buenas acerca de la geotermia y lo bueno que es para la Tierra. Al final les digo: '¿todavía les preocupa el ducto?'. Ellos dicen: 'No, ya entiendo', y nos reímos. Siempre sucede exactamente así. Luego les enseñamos la alberca geotérmica y los invernaderos; se emocionan con la energía geotérmica.

Hacemos todo lo posible para que la gente haga preguntas, pues estamos muy orgullosos de esta energía. Los italianos fuimos los primeros en soñar en nuestros corazones acerca de esto. ¡Ya nos imaginábamos la energía geotérmica en 1828! Fuimos los primeros en el mundo en producir electricidad de una fuente de geotermia. También hacemos investigación sismológica, pues estamos cerca de una falla geológica. Tenemos programas que nos ayudan a predecir la actividad sísmica. Podemos estimar cuánta agua es posible inyectar sin desatar dicha actividad. Debemos mantener ese balance. También hemos de ser precisos en cuanto a cómo reinyectar el agua para no enfriar el yacimiento; monitoreamos todo muy cuidadosamente. En cuanto vemos algo anormal, detenemos la producción. Vemos si es un problema causado por nosotros o no, pero primero nos detenemos, para estar seguros. Somos muy cautelosos. El futuro de la energía geotérmica depende de la investigación. Estamos incrementando la producción, pero tan sólo a la velocidad que lo permite la investigación. También estamos trabajando en muchas partes del mundo. Tenemos una planta de 40 MW en El Salvador, en donde estamos haciendo la perforación, el ducto y la planta generadora. También estamos perforando en Panamá, Costa Rica, Guatemala y el norte de Chile. Estamos muy activos en América Latina."



**"THE FUTURE OF GEOTHERMAL ENERGY HERE IS DEPENDANT ON RESEARCH.**

**WE ARE INCREASING PRODUCTION, BUT ONLY AS QUICKLY AS THE RESEARCH ALLOWS US."**



Enel is Italy's largest power company, and Europe's second-largest utility in installed capacity. It is an integrated player which produces, distributes and sells electricity and gas. Due to its acquisition of Endesa, the Spanish utility, Enel is now present in 23 countries with over 95,400 MW of net installed capacity, serving 60.5 million power and gas customers.

Since 1999, it is listed in the Milan stock exchange, and has the largest number of share holders of any Italian company: approximately 1.2 million retail and institutional investors, according to 2008 figures. Enel is also the second-largest Italian operator in the natural gas market, with approximately 2.7 million customers and 10% market share in terms of volume. The company has approximately 82,500 employees and operates a range of hydroelectric, thermoelectric, nuclear, geothermal, wind-power, photovoltaic and biomass power stations.

In 2008, Enel reported 61.2 billion Euros in revenue (a 40% growth compared with 2007), 14.3 billion Euros in EBITDA (+45.5%) and 5.3 billion Euros in net income (+35.2%). Enel was the first utility in the world to replace its Italian customers' traditional electromechanical meters with modern electronic devices that make it possible to attain consumption readings in real time, managing customer contracts remotely. This innovation has enabled Enel to implement time-of-use electricity charges, which offer discounts for evening and weekend electricity use, an initiative that has attracted the interest of many utilities companies around the world.

Enel is a world leader in the renewable energy sector, with over 34,000 MW in plants in Europe and the Americas which use hydro, geothermal, wind, solar and biomass energy sources. Enel is strongly committed to the development of renewable energy sources and new, environmentally-friendly technologies, through several projects in Italy and other countries. In September 2008, Enel established Enel Green Power, a new company dedicated to developing and managing worldwide energy generation from renewable sources, operating over 4,500 MW in plants which rely on hydro, wind, geothermal, solar and biomass sources in Europe and the Americas.

Enel is present in Brazil, Bulgaria, Canada, Chile, Costa Rica, El Salvador, France, Greece, Guatemala, Italy, Mexico, Panama, Romania, Russia, Slovakia, Spain and the United States. Through Endesa, Enel has further strengthened its presence in Spain, Argentina, Colombia, Ireland, Morocco, Peru and Portugal.





Enel es la compañía de energía más grande de Italia y la segunda en capacidad instalada en toda Europa. Es un jugador integrado que produce, distribuye y vende electricidad y gas. Con su adquisición de Endesa, la compañía española de electricidad, Enel ahora está presente en 23 países con aproximadamente 95,400 MW de capacidad neta instalada y brinda servicio a 60.5 millones de clientes de electricidad y gas.

Desde 1999 cotiza en la bolsa de valores de Milán y cuenta con más accionistas que cualquier otra compañía italiana, con aproximadamente 1.2 millones de accionistas minoritarios e institucionales, de acuerdo con las cifras de 2008. Por su tamaño, Enel también es el segundo operador en el mercado de gas natural, con aproximadamente 2.7 millones de clientes y 10% del mercado en términos de volumen. La compañía tiene cerca de 82,500 empleados y opera una amplia gama de plantas generadoras hidroeléctricas, nucleares, geotérmicas, eólicas, fotovoltaicas y de biomasa.

En el 2008, Enel reportó ingresos por 61.2 billones de euros, un incremento de 40% en comparación con el año anterior; EBITDA (Ingresos Antes de Intereses, Impuestos, Depreciación y Amortización) de 14.3 billones de euros, un incremento de 45.5%; y utilidad neta de 5.3 billones de euros, lo cual representó un incremento del 35.2%. Enel fue la primera compañía generadora del mundo en reemplazar los tradicionales medidores electromecánicos de sus clientes italianos por modernos adminículos electrónicos que hacen posible la obtención de lecturas de consumo en tiempo real, administrando así las relaciones contractuales con sus clientes de manera remota. Esta innovación ha hecho posible que Enel ponga en marcha los cargos por tiempo de uso de electricidad, los cuales ofrecen descuentos por la utilización del servicio eléctrico en las tardes y fines de semana. Esta iniciativa ha atraído la atención de muchas compañías de servicios en todo el mundo.

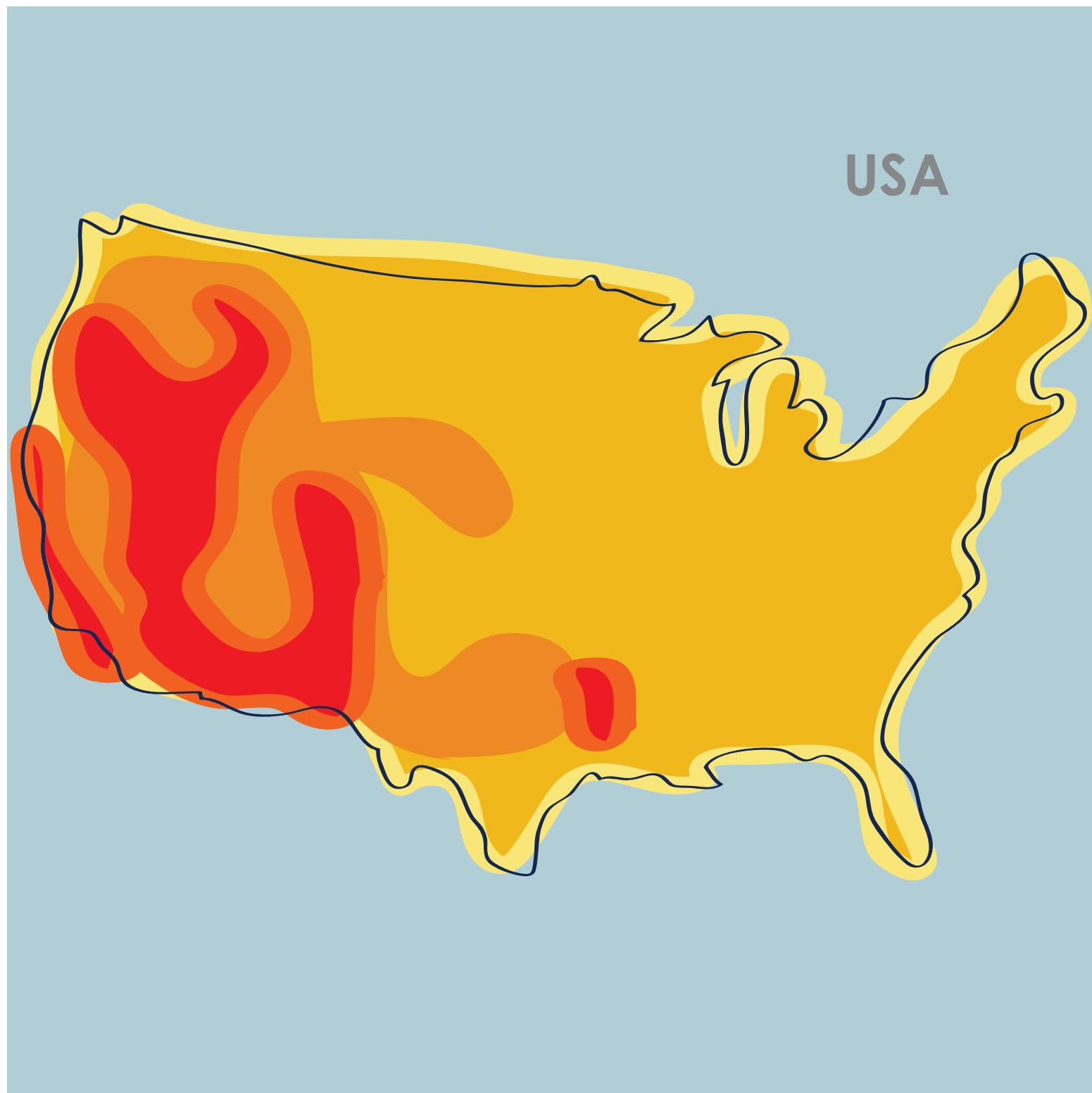
Enel es un líder mundial en el sector de la energía renovable, con más de 34,000 MW de generación eléctrica por estos medios, en sus plantas de Europa y América, las cuales utilizan fuentes de energía hídricas, geotérmicas, eólicas, solar y de biomasa. Asimismo, está comprometido al desarrollo de fuentes de energía renovables y de nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente a través de varios proyectos en Italia y en otras partes del planeta. En septiembre de 2008, Enel estableció la compañía Enel Green Power, la cual se dedica a desarrollar y administrar la generación de energía en todo el mundo a partir de fuentes renovables, operando más de 4,500 MW en plantas que dependen de fuentes hídricas, eólicas, geotérmicas, solar y de biomasa en Europa y América. Enel tiene presencia en Brasil, Canadá, Chile, Costa Rica, El Salvador, Francia, Grecia, Guatemala, Italia, México, Panamá, Rumanía, Rusia, Eslovaquia, España y Estados Unidos. A través de Endesa, Enel ha reforzado su presencia en España, Argentina, Colombia, Irlanda, Marruecos, Perú y Portugal.



United States of America







Country: The United States

Ranking: 1st largest developer of geothermal energy in the world

Installed geothermal electric capacity: 3 gigawatts

Number of operating power plant units in the country: 193

Percentage of national electricity provided by geothermal energy: 1%



"WE SAW BEAUTIFUL THINGS, BEAUTIFUL ENOUGH FOR A POET'S DREAM... WE PAUSED LONG BY AN INACTIVE GEYSER  
WHOSE POOL WAS THE PERFECTION OF GEYSER WATER A GREAT PURE SPARKLING SAPPHIRE RIPPLING WITH HEAT  
AND CATCHING SUNLIGHT ON ITS UNDULATIONS TO REFLECT IN BROKEN GLEAMS INTO ITS WONDROUS DEPTHS."

-MARGARET CRUIKSHANK, WRITING FROM YELLOWSTONE IN 1883

"Vimos cosas maravillosas, lo suficientemente maravillosas para inspirar el sueño de un poeta... Hicimos una larga pausa en un géiser inactivo, cuyo reflejo era la perfección del agua de un géiser: un gran zafiro, puro y reluciente, ondulante de calor, que atrapaba los rayos del sol en sus ondulaciones para reflejar brillos rotos dentro de sus profundidades sorprendentes. Hasta donde la vista permitía ver, estaba cubierto por la más suave de las formaciones, como de coral blanco y gris perla". Margaret Cruikshank, escribiendo desde Yellowstone en 1883.



Right: The Old Faithful Geyser of Calistoga, California

Left: Lavender and honey bee

# USA

Since the 1960's, the United States has been the leading geothermal power producer in the world. Installed capacity now exceeds 3 GW, with power being produced in the western states of Alaska, California, Hawaii, Idaho, Nevada, New Mexico, Utah, and Wyoming. The vast majority of this energy is produced in California, where power production began. Most of the geothermal energy in North America is the result of the North American Plate sliding against the Pacific Plate. This is complicated by a couple of things. First, the Pacific Plate is rotating counter-clockwise past the North American Plate. Second, a mid-ocean ridge, or spreading center, converges with the plate boundaries in Southern California. These titanic collisions affect the entire western half of the United States. The highest temperature geothermal resources are along the west coast plate boundary, which extends from Mexico to Alaska. However, major geothermal reservoirs are being discovered throughout the west – particularly in the desert southwest, where the crust is stretched thin by plate rotation. Italian engineers recently helped install two new binary power plants in Nevada with a total capacity of 65 MW, whereas in Utah, a new 11 MW binary plant just came on line.



Desde la década de 1960, Estados Unidos ha liderado al mundo en la producción de electricidad geotérmica. La capacidad instalada ya excede los 3 GW y produce electricidad en los estados occidentales de Alaska, California, Hawái, Idaho, Nevada, Nuevo México, Utah y Wyoming. La mayor parte de la energía geotérmica se produce en California, donde se inició su generación. Gran parte de esta energía en América del Norte se debe al deslizamiento de la placa de Norteamérica contra la placa del Pacífico. Esto se ve complicado por un par de situaciones. La primera es que la placa del Pacífico gira en sentido opuesto a la placa de Norteamérica. La segunda, una cadena oceánica o centro expansible, converge con las fronteras de la placa, en el sur de California. Estas colisiones titánicas afectan a toda la mitad occidental de Estados Unidos. Las fuentes geotérmicas se localizan a lo largo del límite de la placa de la costa oeste, la cual se extiende desde México hasta Alaska. Sin embargo, se están descubriendo yacimientos geotérmicos mayores en todo el oeste, particularmente en el suroeste desértico, en donde la corteza se ha adelgazado debido a la rotación de la placa. Ingenieros italianos recientemente ayudaron a instalar dos nuevas plantas generadoras binarias en Nevada con una capacidad total de 65 MW. En Utah, una nueva planta binaria de 11 MW acaba de iniciar operaciones.



Left: The Golden Gate Bridge, San Francisco, California

Below: The town of Petaluma enjoys electricity from nearby Geothermal Power Station.







Geothermal heating districts are scattered throughout the United States – in Klamath Falls, Oregon; Boise, Idaho; San Bernardino, California, and Pagosa Springs, Colorado, for example. The Boise system dates to 1893. Geothermal heat is used for many other things in the U. S. as well -- primarily spas, greenhouses, and fish farms. The Geo-Heat Utilization Center, at the Oregon Institute of Technology, has helped implement hundreds of diverse projects since the 1980's. In landlocked Utah, for example, you can learn to SCUBA dive in a warm, saltwater lagoon full of tropical fish. A warm spring makes it all possible.



Distritos de calefacción geotérmica se encuentran repartidos por todo Estados Unidos: en Klamath Falls, Oregon; Boise, Idaho; San Bernardino, California; y Pagosa Springs, Colorado, por ejemplo. El sistema de Boise data de 1893. El calor geotérmico se utiliza para muchas otras cosas, básicamente spas, invernaderos y granjas piscícolas. El centro de utilización de geocalor en el Instituto de Tecnología de Oregon, ha ayudado a echar a andar cientos de proyectos diversos desde la década de 1980. En Utah, que no tiene salida al mar, es posible aprender a bucear en una laguna tibia de agua salada llena de peces tropicales. Una fuente tibia lo hace posible.



## CALPINE®

Calpine is the largest producer of geothermal energy in North America. One of the many exciting Calpine geothermal sites is The Geysers located within a 30 square mile area straddling the Lake and Sonoma County border in Northern California. The Geysers is the world's largest geothermal generation facility. First developed in the 1960s, The Geysers operations have grown such that they now provide for the typical power needs of Sonoma, Lake, and Mendocino Counties, as well as a large portion of the demands of Marin and Napa Counties.

Geysers Recharge Project is now in operation, providing up to 11 million gallons per day of recycled water originating from the City of Santa Rosa's municipal water system. Water delivered through the 40-mile pipeline will help to extend the commercial life of Calpine's Geysers geothermal resource.

"The Santa Rosa Geysers Recharge Project is an innovative and unique project that is truly a 'win-win' arrangement," said Calpine Vice President Dennis Gilles. "By injecting recycled water into The Geysers steam reservoir, the City of Santa Rosa has found an environmentally sound discharge solution and is helping to promote green power production in California. There are few places on the planet where such a system could be implemented and the City of Santa Rosa is to be complimented for its vision and commitment to environmental stewardship." Calpine's ownership in power generation began with the purchase of a five percent interest in a 20-megawatt facility at The Geysers in 1989. Since then, Calpine has consolidated ownership of 19 of the 21 facilities within the geothermal resource area. As a result, Calpine is the world's largest private producer of electricity derived from geothermal resources.

**"THERE ARE FEW PLACES ON THE PLANET WHERE SUCH A SYSTEM COULD BE IMPLEMENTED."**

**THE CITY OF SANTA ROSA IS TO BE COMPLEMENTED FOR ITS VISION AND COMMITMENT TO ENVIRONMENTAL STEWARDSHIP."**

Calpine es el productor de energía geotérmica más grande de América del Norte. Uno de los numerosos y emocionantes sitios geotérmicos de Calpine es el llamado "The Geysers", el cual se localiza en el norte de California. El proyecto Recarga de Géiseres se encuentra ya en operación. Éste provee hasta 11 millones de galones diarios de agua reciclada provenientes del Sistema de Agua Municipal de Santa Rosa. El agua, que se entrega a través de un ducto de 40 millas de largo, ayudará a extender la vida útil del recurso geotérmico de The Geysers, en Calpine. "The Geysers" es el complejo de generación eléctrica geotérmica más grande del mundo. Se localiza en un área de 30 millas cuadradas en la frontera de los condados de Lake y Sonoma. Desarrollado por primera vez en la década de 1960, las operaciones de "The Geysers" han crecido tanto que ahora proveen la totalidad de los requisitos energéticos típicos de los condados de Lake, Sonoma y Mendocino, y una gran parte de la demanda de los condados de Marin y Napa.

"El proyecto de Recarga de Géiseres Santa Rosa es un proyecto único e innovador que representa un arreglo 'ganar-ganar'", dijo Dennis Gilles, vicepresidente de Calpine. "Al inyectar agua reciclada al yacimiento de vapor, la ciudad de Santa Rosa ha encontrado una solución ambientalmente inteligente para sus descargas y está ayudando a promover la producción de energía verde en California. Hay pocos lugares en el planeta donde un sistema así se puede poner en marcha; por ello, la ciudad de Santa Rosa debería ser felicitada por su visión y compromiso con el cuidado ambiental". La participación de Calpine en la generación de energía comenzó con la compra de un 5% de interés en una instalación de 20 MW en The Geysers en el año de 1989. Desde entonces, Calpine ha consolidado su propiedad en 19 de las 21 instalaciones dentro del área del recurso geotérmico. Como resultado, Calpine es el mayor productor privado de energía eléctrica derivada de recursos geotérmicos.





This page: The Geysers cooling tower, Million gallon water tank, Steam valve.

Opposite: Electric lines from The Geysers Power Station bring electricity to nearby towns.



Calpine believes that a strong commitment to environmentally responsible electrical generation is a key element to achieving its goal of being the finest power company in North America. The company began with the purchase of a single megawatt of geothermal energy production in 1989. Today, Calpine is a leader in the industry with a portfolio of over 24,000 megawatts of efficient, clean generation.

Calpine's initial steps toward becoming a major power company involved the acquisition of several geothermal power plants and steam fields. Today, Calpine is North America's largest producer of renewable geothermal power. And by injecting treated recycled water into its Geysers geothermal steam fields in Northern California, Calpine is extending its capabilities for "green power" generation for many years.

Calpine believes that corporations can be financially successful while serving as leading stewards of the environment and good corporate citizens. The company takes its responsibility seriously, and feels that it is inextricably linked with Calpine's continued success as a major power company.



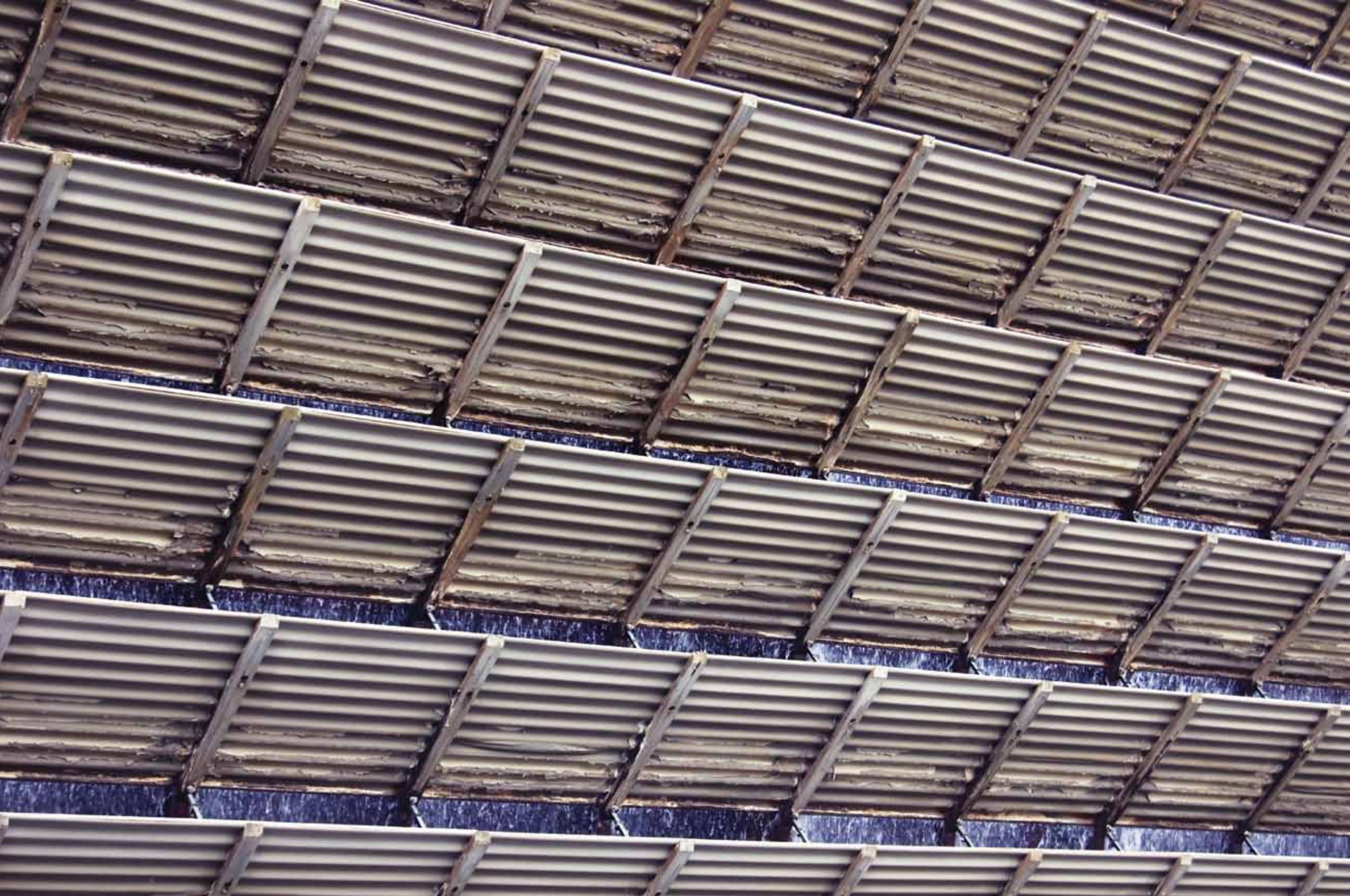
Calpine cree que un compromiso fuerte con la generación ecológicamente responsable de electricidad es el elemento clave para ser considerada la mejor compañía de electricidad en Norteamérica. Y pensar que comenzó con la compra de un solo MW de producción de energía geotérmica en 1989. Hoy, Calpine es líder en la industria, con un portafolio de más de 24,000 MW de generación limpia y eficiente.

Los primeros pasos de Calpine para convertirse en una de las mayores compañías de electricidad, involucraron la adquisición de varias plantas geotérmicas y campos de vapor. Hoy, Calpine es el mayor productor de electricidad geotérmica renovable. Al injectar agua reciclada a sus campos de vapor en la planta The Geysers, Calpine extiende su capacidad de generar energía verde por muchos años.

Calpine cree que las corporaciones pueden ser financieramente exitosas, al tiempo que sirven como líderes en el cuidado del medio ambiente y observan un buen comportamiento corporativo. La compañía asume esta responsabilidad seriamente y considera que está inextricablemente relacionada con el éxito continuo de Calpine como una de las principales compañías de electricidad.







Calpine's unique portfolio consists of energy centers that are the newest and cleanest in the nation, producing low-cost, reliable electricity. The majority of the company's portfolio consists of facilities using clean-burning, natural gas-fired turbines combined with steam turbine generators. This combined-cycle operation uses state-of-the-art emissions control technology in a highly fuel-efficient manner, resulting in far less air emissions than older technology used by most U.S. power companies.

Aging fossil-fueled power plants are a major source of air pollution and greenhouse gas emissions. Many plants in the United States are 30 to 50 years old and are not equipped with the newest air emission control systems. Calpine's modern fleet uses highly efficient turbines and the most modern emissions control technology to help protect the environment while producing reliable, cost-competitive electricity. Calpine supports legislation and policies that require all power producers to be environmentally responsible, by continuing to lower emissions from power generation.

Calpine manages its business with a talented, team of professionals who operate with a philosophy of social responsibility, environmental protection and good corporate citizenship. In communities where the company is located, its neighbors deserve assurance that Calpine is protecting the environment and human health. Through community meetings held during the licensing process and by making available detailed analysis and information regarding Calpine's environmental performance, the company continues to demonstrate that safety and protection of the environment are core company values.

Opposite: Scenes from inside The Geysers Power Station

Above: Close up of Geothermal Cooling Tower

El singular portafolio de Calpine incluye los centros de energía más nuevos y limpios de la nación, que producen electricidad confiable y a bajo costo. La mayor parte del portafolio de Calpine radica en instalaciones que utilizan turbinas de gas natural cuya combustión es limpia, las cuales se combinan con generadores de turbina a vapor. Esta operación de ciclo combinado utiliza tecnología de punta para el control de emisiones y es de alta eficiencia en su consumo de combustible, de lo cual resultan emisiones mucho menores que en otras tecnologías, más antiguas y utilizadas por la mayoría de las compañías eléctricas de Estados Unidos.

Las viejas plantas generadoras a base de combustibles fósiles son una fuente importante de contaminación ambiental y emisiones de gases de efecto invernadero. Muchas plantas en Estados Unidos tienen entre 30 y 50 años en operación y no están equipadas con los equipos más recientes de control de emisiones. La flotilla nueva de Calpine utiliza turbinas altamente eficientes y la más moderna tecnología de control de emisiones para proteger el ambiente, mientras produce electricidad confiable a costo competitivo. Calpine apoya la legislación y las políticas que requieren que todos los productores sean ambientalmente responsables, continuando con la reducción de emisiones provenientes de la generación de electricidad.

Calpine administra su negocio con un equipo de profesionales talentosos y competentes, quienes operan con una filosofía de responsabilidad social, protección al medio ambiente y buen comportamiento corporativo. Los vecinos en las locaciones en donde opera la empresa merecen la tranquilidad de saber que Calpine está protegiendo el ambiente y la salud humana. La compañía continúa demostrando que la seguridad y la protección ambiental son sus valores medulares, por medio de reuniones comunitarias que se llevan a cabo durante el proceso de obtención de licencias y facilitando el acceso a la información relativa a su desempeño ambiental.

## HAWAII



Geothermal exploration in Hawaii began in the 1960s. A public-private partnership dug the first geothermal well in Puna in 1976. The project developed into a three-megawatt power plant that went online in July 1981. The plant's output was sorely needed at the time, due to island-wide energy shortages, and it continued for eight years. However, the plant was never intended as a commercial operation. Production ceased in 1989 as the plant failed to meet rising community and regulatory standards.

In the early 1990s, Puna Geothermal Venture, a partnership between two mainland power companies, received a permit to produce renewable geothermal energy at a site in Puna in the East Rift Zone. The facility went online in 1993. Under a Power Purchase Agreement with Hawaii Electric Light Company, it delivers 25-30 megawatts of firm renewable energy on a continuous basis. The facility could provide much more. Hawaii Island is located above a volcanically active "hot spot" in the earth's mantle and has the most potential of all the isles for electrical generation and the direct uses of heat. Despite being restricted to the Big Island of Hawaii, geothermal produces about 31 percent of Hawaii's renewable energy resources statewide. Its potential remains largely untapped.

When Ormat Technologies, Inc. acquired Puna Geothermal Venture (PGV) on Hawaii Island in June 2004, the state's most reliable alternate renewable energy source entered a major new phase. PGV has been quietly producing geothermal-generated electricity for Hawaii Electric Light Company for years, working to be a good neighbor, and a steady supplier of power. Since becoming part of Ormat, a company with considerable depth in geothermal knowledge, PGV has undergone substantial upgrades.

Puna Geothermal Venture is the only commercial producer of geothermal energy in Hawaii. The 30-megawatt (MW) PGV plant uses air-cooled condensers and noise reduction enclosures. It is a low-profile plant, 24 feet high, and has near zero emissions. One hundred percent of its geothermal fluid and gas is reinjected into the deep earth.





La exploración geotérmica en Hawái comenzó en la década de 1960. Una sociedad pública-privada perforó el primer pozo geotérmico en Puna en 1976. El resultado de este proyecto fue una planta de 3 MW que comenzó a generar electricidad en julio de 1981. Por esas fechas la producción de esta planta era muy necesaria debido a la escasez de energía que se sentía en toda la isla, la cual continuó por otros ocho años. Sin embargo, nunca se buscó que esta planta funcionara comercialmente y su operación cesó en 1989, pues no cumplió con los crecientes requisitos comunitarios y regulatorios.

A principios de 1990, la compañía Puna Geothermal Venture, una sociedad entre dos compañías de electricidad de los Estados Unidos continentales, recibió un permiso para producir energía geotérmica renovable en una localidad de Puna. La planta comenzó a generar electricidad en 1993. Bajo un acuerdo de compra de energía que celebró con la Hawai Electric Light Company, entrega de 25 a 30 MW de energía renovable constante. Estas instalaciones podrían producir mucho más.

La isla Hawái se localiza sobre una "zona caliente" del manto terrestre, misma que es volcánicamente activa. Tiene el mayor potencial de todas las islas del archipiélago para la generación de electricidad y uso directo del calor. A pesar de estar restringida a la Isla Mayor de Hawái, la geotermia produce aproximadamente el 31% de la energía renovable de todo el estado y su potencial permanece mayormente inexplorado.

Cuando la compañía Ormat Technologies Inc. adquirió Puna Geothermal Venture (PGV) en la Isla de Hawái en junio de 2004, la más confiable fuente de energía alterna renovable entró en una nueva fase mayor. Desde hace años, PGV ha estado trabajando discretamente en la producción de electricidad generada por geotermia para la compañía Hawai Electric Light Company, esforzándose por ser un buen vecino y un proveedor confiable de electricidad. Desde que se hizo parte de Ormat, que es una compañía con conocimientos profundos de geotermia, PGV ha pasado por importantes procesos de mejora.

Puna Geothermal Venture es la única productora comercial de energía geotérmica en Hawái. La planta de 30 MW de PGV utiliza condensadores enfriados por aire y reductores de ruido. Es una planta de perfil bajo, de 24 pies de alto y que prácticamente no tiene emisiones. Cien por ciento de su líquido y gas geotérmico se reinyectan a las profundidades de la Tierra.











The United States will continue to be a strong leader in geothermal energy development. Small, modular binary power plants, such as the one used at Chena Hot Springs in Alaska, are becoming increasingly popular. These can be installed very quickly in remote areas. Thousands of geothermal heat pumps are being installed every week in the U. S. because the high prices for traditional heating fuels make alternatives attractive. New legislation recently set aside \$350 million for geothermal projects. The emphasis will be on demonstrating innovative new technologies. The government estimates as much as 5 percent of U.S. power could come from geothermal energy by 2050.



Estados Unidos continuará siendo líder en el desarrollo de energía geotérmica. Plantas generadoras binarias modulares, como la utilizada en Chena Hot Springs, en Alaska, están ganando popularidad. Pueden ser instaladas rápidamente en áreas remotas. Miles de bombas de calor geotérmicas se instalan cada semana en Estados Unidos, los altos precios de los combustibles tradicionales para calefacción hacen que estas alternativas sean atractivas. Recientemente, nuevas leyes asignaron 350 millones de dólares para proyectos geotérmicos. El énfasis estará en demostrar nuevas e innovadoras tecnologías. El gobierno estima que hasta un 5% de la electricidad de Estados Unidos podría provenir de energía geotérmica para el año 2050.



Left: Aerial view of city traffic.

Below: Morning Glory Hole at Yellowstone National Park, USA



"PRESENTLY, ONLY 1% OF THE U.S. ENERGY SUPPLY COMES FROM RENEWABLE SOURCES, INCLUDING SOLAR, WIND, GEOTHERMAL, AND HYDRO. IF WE APPLIED THE \$400 BILLION DOLLARS THAT HAVE BEEN SPENT IN THE IRAQ WAR TOWARD INSTALLING WIND TURBINES ON NON-FARMABLE LANDS IN NORTH AND SOUTH DAKOTA, WE COULD POWER THE US, AND BECOME INDEPENDENT OF IMPORTED OIL."

-JIM DUNN, CENTER FOR TECHNOLOGY COMMERCIALIZATION







the Philippines

**ENDLESS**  
LIMITED EDITION

2008

VITO CRUZ

MABINI  
H. PLAZA

MUNOZ STA. CRUZ V. CRUZ

**PRINCESS**

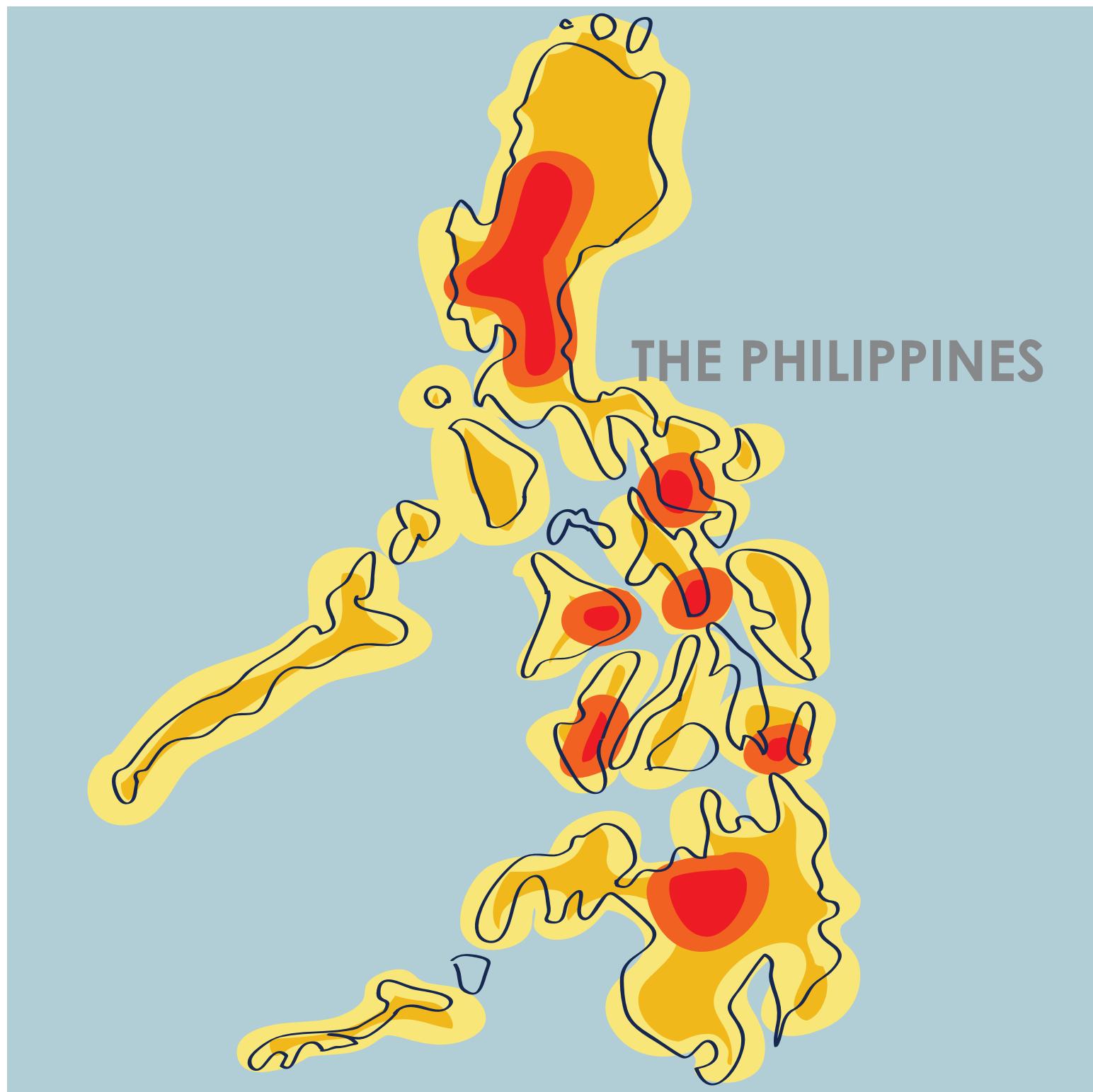
MYLENE • RUBY ANN

MITSUBISHI

Cedula  
N. 133  
R. 12345  
T. 12345

NWJ 133  
06 06

DAL  
DEEP EX



Country: The Philippines

Ranking: 2nd largest developer of geothermal energy in the world

Installed geothermal electric capacity: 2 gigawatts

Number of operating power plant units in the country: 58

Percentage of national electricity provided by geothermal energy: 25%



## THE PHILIPPINES

The Philippines is active both geologically and in development. Filipinos have developed their resources rapidly, expanding from just 3MW in 1978 to nearly 2 GW today. If this accelerated development continues, the Philippines will soon overtake the United States as the world leader in the production of electricity from natural steam and hot water. Twenty-eight percent of the total electricity generated in the Philippines comes from the Earth.



Filipinas está activa tanto geológicamente como en materia de desarrollo. Los filipinos han aprovechado sus recursos rápidamente, expandiéndose de tan sólo 3 MW en 1978 a casi 2 GW al día de hoy. De continuar con este acelerado crecimiento, Filipinas pronto desbanca a Estados Unidos como el líder mundial en producción de electricidad a partir de vapor y agua caliente naturales. El 28% del total de energía eléctrica generada en Filipinas proviene de la Tierra.



Left: A woman walking through a local market,

Fruit is dried using geothermal steam and sold

Right: Local people waiting for public transportaion









Just as with many other leading geothermal countries, The Philippines lies at the junction of plate boundaries, but the plates here are more active. The Philippine Plate is being rapidly overridden by the Eurasian Plate. This activity has produced some of the largest geothermal systems in the world. These are highly pressurized, water-dominated systems. The first well drilled on the island of Leyte ejected steam and water one hundred meters in the air. This led to the development of the 722 MW Tongonan facility. To make better use of the power, an undersea cable was laid between Leyte and the main island of Luzon.

The emphasis in the Philippines is on the generation of electricity, though the heat is also used directly where possible. The Filipinos have become expert at making the most of their pressurized resource; in many cases they are able to run the steam through turbines three times, to get the most energy possible out of the system. They have also become expert at developing energy in an environmentally responsible manner. For example, they were able to develop a geothermal field on the flanks of Mount Apo, the highest mountain on the islands, which required negotiating with tribesmen who depend on the mountain's delicate ecosystem.



Tal como muchos otros países líderes en geotermia, Filipinas se encuentra en el límite de la unión de placas tectónicas, aunque aquí las placas están más activas. La placa Filipina está siendo rápidamente sobrepasada por la placa Euroasiática. Esta actividad ha producido uno de los sistemas geotérmicos más grandes del mundo. Éstos son sistemas altamente presurizados, dominados por agua. El primer pozo perforado en la isla de Leyte eyectó vapor y agua a cientos de metros en el aire. Esto llevó al desarrollo de las instalaciones de Tongonan, de 722 MW. Para hacer mejor uso de la energía, un cable submarino se tendió entre Leyte y Luzon, la isla principal.

El énfasis en Filipinas está en la generación de electricidad, aunque el calor también se utiliza directamente cuando es posible. Los filipinos se han hecho expertos en sacar el máximo de su recurso presurizado. En muchos casos pueden pasar el vapor a través de la turbina hasta tres veces para extraer la mayor energía posible del sistema. También se han vuelto expertos en desarrollar la energía de manera ecológicamente responsable. Por ejemplo, pudieron desarrollar un campo geotérmico en las faldas del Monte Apo, el más alto de las islas. Esto requirió de negociaciones con las tribus que dependen del delicado ecosistema de la montaña.

Left: Local people on the streets of Manila

Above: Electric power lines in Manila demonstrate the local demand for electrical generation.



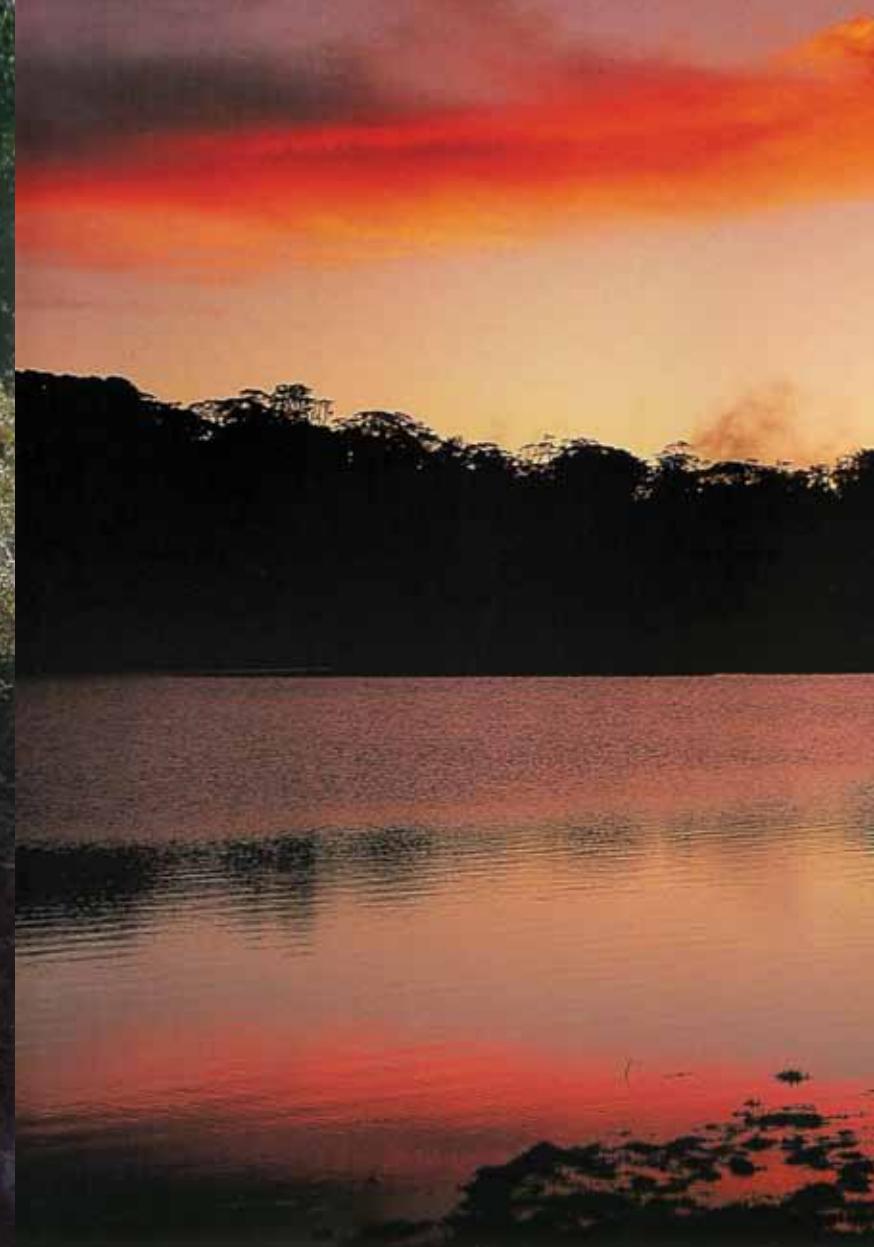
The heat is also used directly for bathing, cooking, drying fruit, and for many other purposes. But perhaps the greatest benefit of geothermal energy in The Philippines comes from the programs funded by development in the rural areas. The balik-biyaya ("to give back the bounties of nature to society") programs are designed to advance education, health, livelihood and environmental awareness among the local people. The development of geothermal power will continue at a strong pace in the Philippines. A 100 MW plant is planned for southern Leyte, for example. The social benefits of this development may overshadow the benefits of just having a reliable, economical supply of electricity.

Above: A man makes his living bringing tourists in his boat to one of the greatest displays of geothermal power: The Taal Volcano;

Above: A family grows fruits and flowers dried by geothermal steam.

Opposite: A family living at the base of The Taal volcano makes their living by keeping and renting horses for tourists.



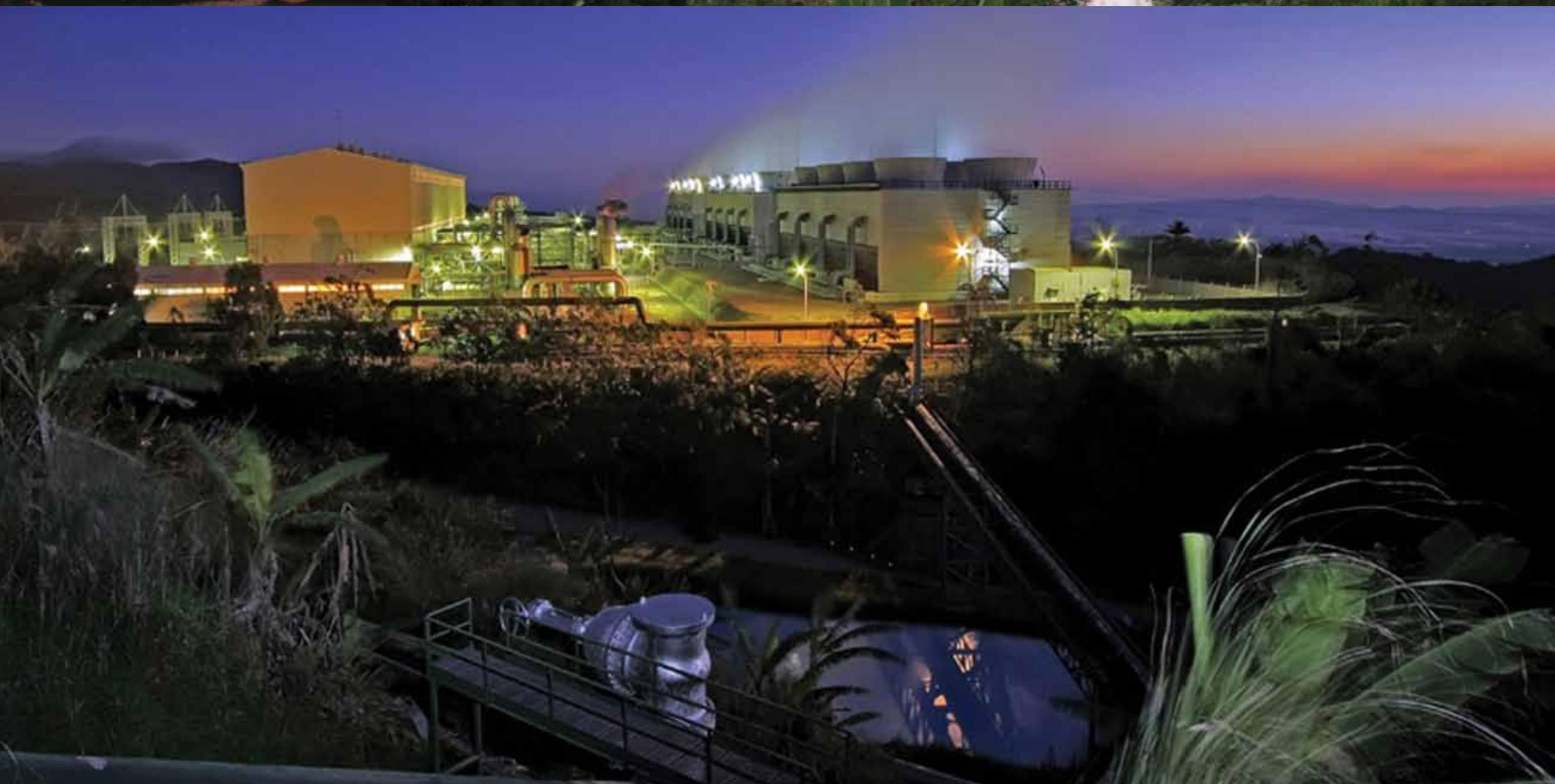
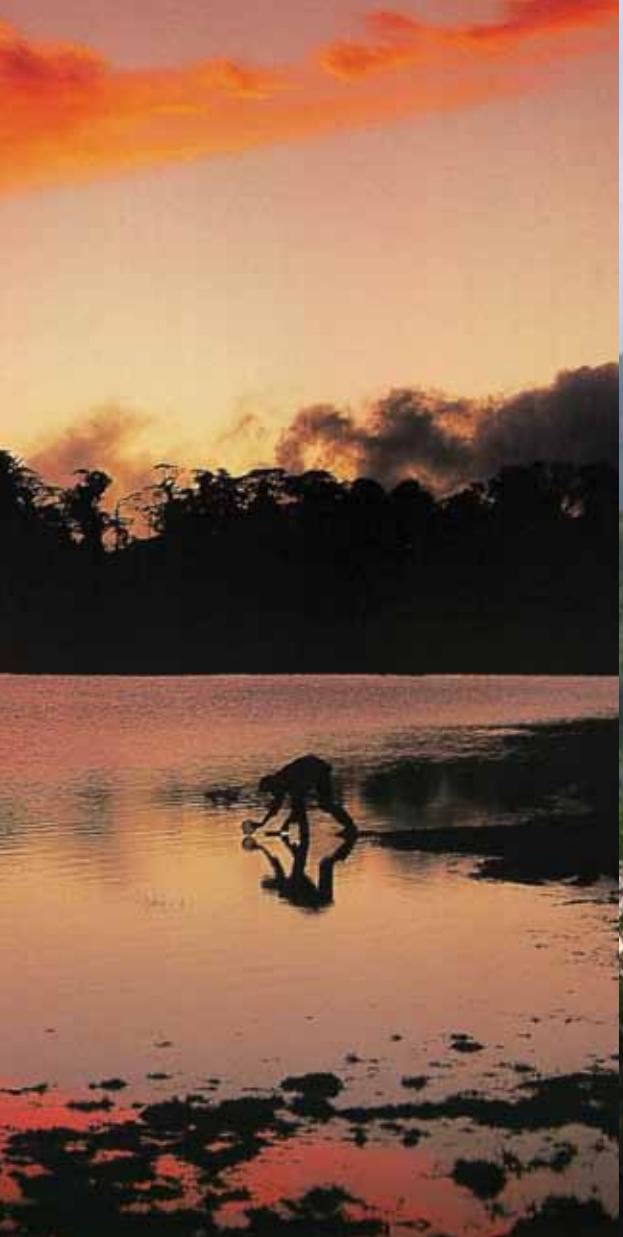


El calor también es utilizado para bañarse, cocinar, secar frutos y muchos otros usos, aunque probablemente el mayor beneficio de la energía geotérmica en Filipinas proviene de los programas fondeados por el desarrollo mismo en las áreas rurales. Los programas "balik-biyaya" (regresar los regalos de la naturaleza a la sociedad), proveen a los locales con actividades, fondos y otros recursos. Estos programas están diseñados para mejorar la educación, salud, modo de vida y conciencia ambiental. El desarrollo de fuerza geotérmica continuará a paso acelerado en Filipinas. Se planea una planta de 100 MW para el sur de Leyte, por ejemplo, y los beneficios sociales de este desarrollo pueden ser mucho mayores que solamente tener una fuente confiable y económica de electricidad.

Above left and center: Scenes from George Tapan's "The Living Mountain".

Opposite: Mahanagdong and Puhagan Power Stations.

Above lower center: Malitbog Power Station, local fruit and flowers.





Through Presidential Decree No. 334, the Philippine National Oil Company (PNOC) was created on November 9, 1973, to provide and maintain an adequate and stable supply of oil. Focusing its efforts and resources in learning the ropes of the petroleum industry, PNOC rose to occupy market leadership in an industry thought to be the domain of multinationals. Its charter was amended to include energy exploration and development. Today, the Philippines is the world's largest user of wet steam technology in geothermal operations. It is ranked second to the United States in terms of total megawatts generated from geothermal energy. After its creation, PNOC serves as the key institution in the exploration development and utilization of indigenous energy sources. Developments in the country as well as the global front make it imperative for the company to get more involved in new and renewable energy activities and projects. The country's first power plant is fueled by natural gas from a well in San Antonio, Echague, Isabela, supplying the electricity requirements of some 10,000 rural households in various towns around the area. Since 1993, PNOC has also ventured on petrochemicals, setting up the Philippines' first petrochemical industrial estate in Limay, Bataan.



Energy Development Corporation is a pioneer in the geothermal energy industry with more than three decades of proven business viability. We are the leader in geothermal energy development and renewable energy sources with recognized expertise in drilling, reservoir management, fluid collection and recycling system, engineering design and construction, power generation, and environmental management. From exploration and production of water-based steam power to generation of electricity for commercial use, we build some of the world's pioneering and most complex steam fields banking on our highly skilled manpower and homegrown technology that are fast becoming benchmarks in the industry. EDC has more than 1,400 megawatts under its green power portfolio diversified by the acquisition of a hydropower project and wind power projects in the pipeline. We add value at every stage of the operation – from geoscientific assessment to environmental compliance and from power plant operation to social acceptability. Our advocacy is to help meet the growing demand for energy delivered by low carbon power options. As a matter of fact, our geothermal projects are now qualified in the clean development mechanism purchased in Europe for its low CO<sub>2</sub> emissions. EDC aims to strengthen its position as the market leader by developing new greenfield and power generation projects.

Above: Art selected from a children's competition hosted by PNOC.

Opposite: Noel Velasquez, Fernando Diaz de Rivera, and Josefino C. Adajar of Energy Development Corporation



Philippine National Oil Company (PNOC), compañía petrolera nacional filipina, se creó por medio del decreto presidencial N°334 del 9 de noviembre de 1973, con el objeto de proveer y mantener un aprovisionamiento adecuado y estable de petróleo. Al enfocar sus esfuerzos y recursos en el aprendizaje de la industria petrolera, PNOC surgió para ocupar el liderazgo del mercado petrolero en una industria que se creía estaba dominada por grandes trasnacionales. Su acta constitutiva se modificó para incluir la exploración y el desarrollo energéticos. Hoy, Filipinas son el mayor usuario de tecnología de vapor húmedo en operaciones geotérmicas en el mundo. Se clasifica segundo lugar, después de Estados Unidos, en lo relativo a megawatts totales generados a partir de energía geotérmica. Después de su creación, PNOC se ha convertido en el instituto clave para la exploración, desarrollo y utilización de fuentes de energía nativas del país. Los desarrollos en el país y en el frente global hacen imperativo un mayor involucramiento de la empresa en nuevas actividades y proyectos de energía renovable. La primera planta productora se alimenta con gas natural proveniente de San Antonio, Echague e Isabela, y satisface las necesidades de electricidad de unos 10,000 hogares rurales en varios poblados del área. Desde 1993, PNOC también ha incursionado en la industria de los petroquímicos y ha establecido la primera industria petroquímica en Limay, Bataan.

El Corporativo de Desarrollo de Energía es pionero en la industria de la energía geotérmica, con más de tres décadas de viabilidad comercial comprobada. Son líderes en el desarrollo de energía geotérmica y de fuentes de energía renovables, y cuentan también con experiencia reconocida en perforación, administración de yacimientos, sistemas de recolección y reciclado de fluidos, ingeniería, desarrollo y construcción, generación de energía y administración ambiental. Desde la exploración y producción de electricidad basada en vapor de agua, hasta la generación de electricidad para uso comercial, construimos algunos de los campos de vapor más complejos, basándonos en mano de obra altamente capaz y en tecnología propia que rápidamente se está convirtiendo en referencia para la industria. EDC tiene más de 1,400 MW en su portafolio de energía verde, diversificado mediante la adquisición de un proyecto de hidro-potencia y de proyectos de energía eólica en proceso. Añadimos valor a cada etapa de la operación, desde el levantamiento geocientífico hasta el cumplimiento con normas ambientales, y desde la operación de plantas hasta la aceptación social. Estamos dispuestos a ayudar a satisfacer la creciente demanda de energía, generada por opciones de bajas emisiones de carbón. De hecho, nuestros proyectos geotérmicos están ahora calificados por el mecanismo de desarrollo limpio adquirido en Europa por sus bajas emisiones de CO<sub>2</sub>. EDC planea fortalecer su posición de líder del mercado al desarrollar nuevos proyectos de generación y de campos de producción verdes.





These pages: Scenes from the Taal Volcano



Chevron is the world's largest producer of geothermal energy. Overall, we produce enough geothermal energy to meet the needs of 16 million people living in Indonesia and the Philippines, where our geothermal operations are located.

With more than 90 years in the Philippines, Chevron's investments and operations have made important contributions to developing the country's energy and petroleum industry. Chevron started working in the Philippines in 1917 when The Texas Co. – later, Texaco – began marketing its products through a local distributor. Texaco Philippines was formally established in 1921 and opened an office in Binondo, Manila.

In 1936, a joint venture between The Texas Co. and Chevron's predecessor, Standard Oil Co. of California, created Caltex, which then took over marketing operations in the Philippines. Eleven years later, Caltex converted its Pandacan warehouse depot in Manila into its first distribution terminal in the country.

In 1954, Caltex inaugurated the Batangas Refinery at San Pascual, the first petroleum refinery in the Philippines. In 2003, this refinery was converted into a finished-import terminal, with a storage capacity of at least 2.5 million barrels.

In 1971, Chevron Geothermal Philippines Holdings pioneered – in partnership with the Philippine government and the commercial development of geothermal resources.

In 1998, Chevron established Chevron Holdings Inc.

In 2001, Chevron and its Malampaya project participants delivered the country's first commercial gas supplies to power generation plants, meeting around 30 percent of the country's power needs.

The Malampaya deepwater gas-to-power project is expected to provide the Philippines with significant revenue over the life of the project. This will support the government's economic development programs and help build the necessary infrastructure to foster financial growth. The project will generate direct and indirect employment for more than 20,000 people.

Chevron's natural gas and geothermal projects reduce the country's dependence on imported fuel through the use of clean, indigenous and reliable energy. These projects' combined capacity of more than 3,300 megawatts accounts for more than 30 percent of Luzon's power supply needs, helping spur its economic development.wable, since it is derived from the natural heat within the Earth.



Above: Images from [www.Chevron.com](http://www.Chevron.com)

Below and opposite: Geothermal displays at the Taal Volcano





El mayor productor de energía geotérmica del mundo es Chevron. En general, produce suficiente energía geotérmica para satisfacer las necesidades de 16 millones de personas que viven en Indonesia y Filipinas, lugares donde se localizan sus operaciones geotérmicas.

Con más de 90 años en Filipinas, las inversiones y operaciones de Chevron han aportado importantes contribuciones para desarrollar las industrias de energía y petróleo del país. Chevron comenzó a trabajar en Filipinas en 1917, cuando The Texas Co. (más tarde llamada Texaco), comenzó a comercializar sus productos a través de un distribuidor local. Texaco Filipinas se estableció formalmente en 1921 y abrió una oficina en Binondo, Manila.

En 1936, una inversión conjunta entre The Texas Co. y el predecesor de Chevron, la Standard Oil Co. de California, creó la compañía Caltex, la cual se hizo cargo de las actividades de comercialización en Filipinas. Once años más tarde, Caltex convirtió su bodega en Pandaca, Manila, en su primera terminal de distribución en el país.

En 1954 Caltex inauguró la Refinería Batangas en San Pascual, la cual fue la primera refinería de petróleo en Filipinas. En 2003, ésta fue reconvertida en una estación de importaciones terminadas, con una capacidad de por lo menos 2.5 millones de barriles.

En 1971, la Chevron Geothermal Philippines Holdings, en sociedad con el gobierno de Filipinas, fue pionera en el desarrollo de recursos geotérmicos.

En 1998 Chevron estableció la compañía Chevron Holdings Inc.

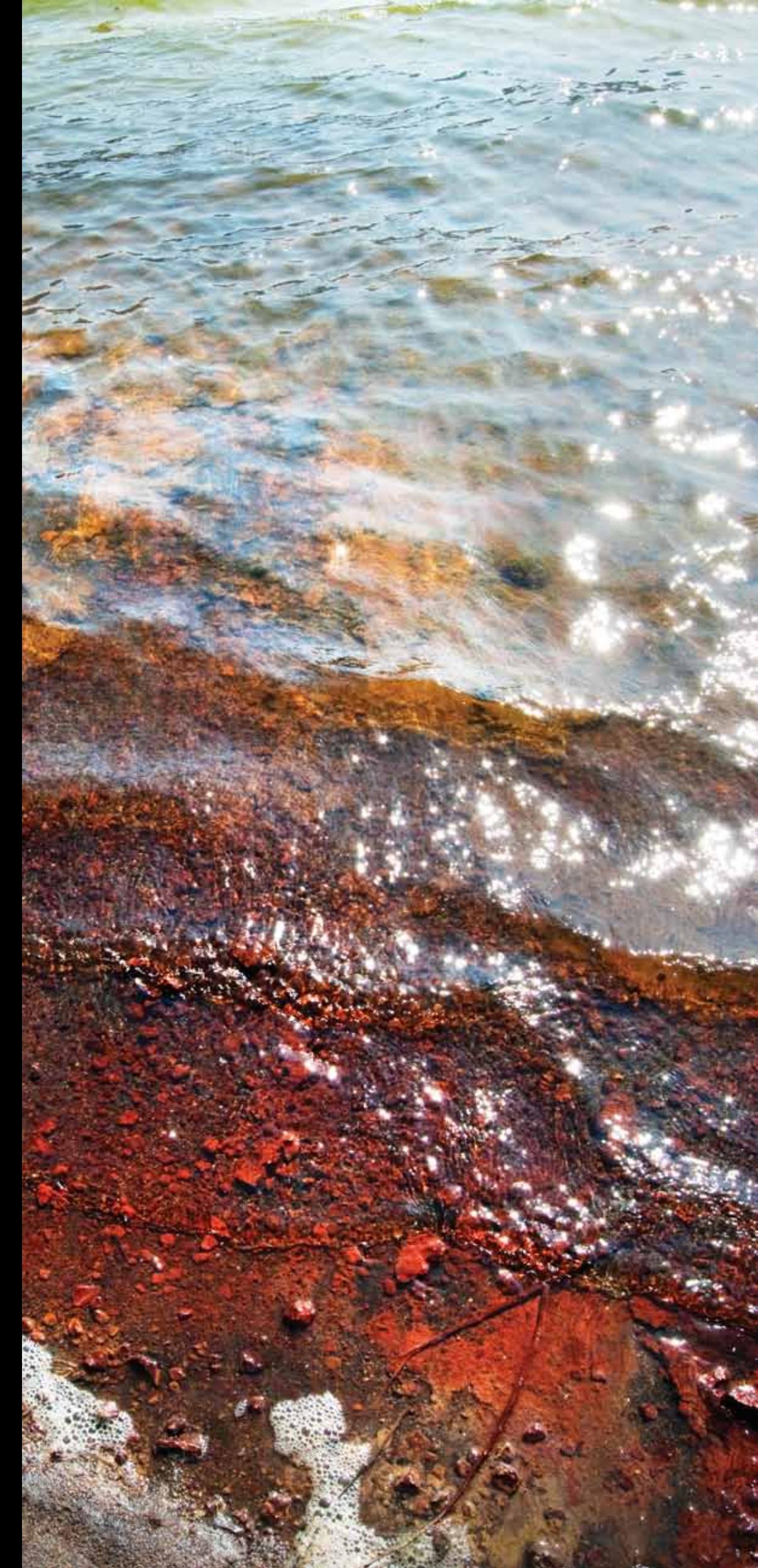
En el 2001, Chevron, en conjunto con sus colaboradores en el proyecto Malampaya, hizo las primeras entregas comerciales de gas a las plantas generadoras, con lo cual satisface aproximadamente el 30% de las necesidades de electricidad del país.

Se espera que el proyecto Malampaya, para convertir gas natural en energía eléctrica en aguas profundas, provea a Filipinas de ingresos significativos. Con ello se brindará respaldo a los programas de desarrollo económico y se ayudará a construir la infraestructura necesaria para promover el crecimiento económico. Se espera también que el proyecto genere 20 mil empleos directos e indirectos. Los proyectos de gas y geotermia de Chevron reducen la dependencia de combustibles importados para el país a través del uso de energía limpia, local y confiable. La capacidad combinada del proyecto, de más de 3,300 MW, es equivalente a más del 30% de las necesidades de electricidad de Luzon, con lo cual se promueve su desarrollo económico.









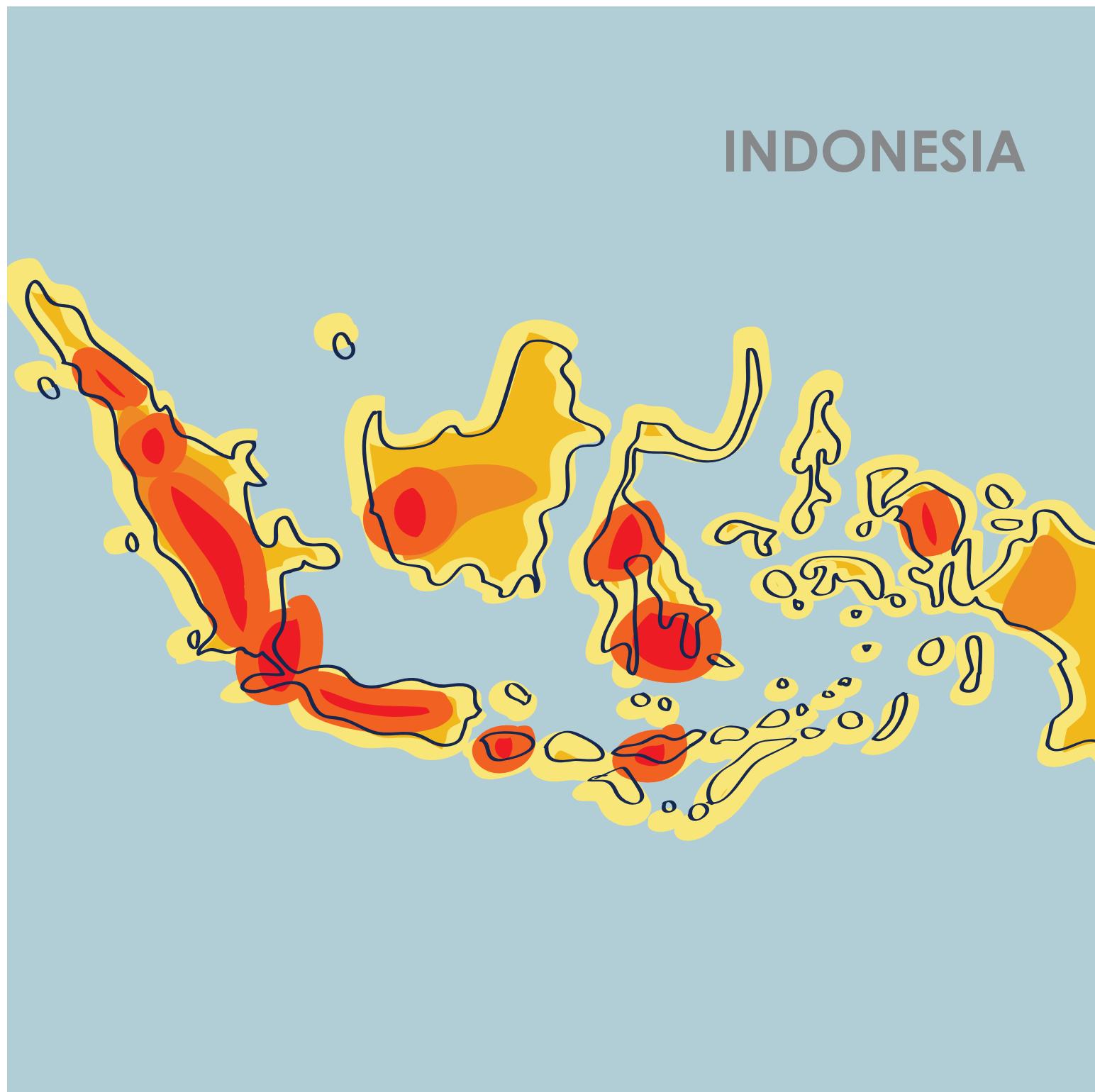






indonesia





Country: Indonesia

Ranking: 3rd largest developer of geothermal energy in the world

Installed geothermal electric capacity: 1 gigawatt

Number of operating power plant units in the country: 15

Percentage of national electricity provided by geothermal energy: 5%

# INDONESIA

Perhaps no country has been as aggressive as Indonesia in developing geothermal power. Capacity has jumped from 250 KW in 1979, to more than 1 GW today. The total might have been two or three times that high, but a financial crisis in the late 1990's slowed development considerably. The country is getting back on track again, however, with several new facilities planned. Government officials have expressed a desire to expand the total to 9 GW by 2025. The hot water is used directly for bathing, cooking, and agriculture.





Probablemente ningún país ha sido tan agresivo en el desarrollo de la energía geotérmica como Indonesia. Su capacidad se incrementó de 250 KW en 1979 a más de 1 GW hoy en día. El total pudo haber sido dos o tres veces más, pero una crisis financiera al final de la década de 1990 frenó el desarrollo considerablemente. Sin embargo, el país está regresando a su camino, con planes de nuevas instalaciones. Oficiales gubernamentales han expresado su deseo para expandir el total hasta 9 GW para el año 2025. El agua caliente se utiliza directamente para el baño, para cocinar y en la agricultura.

Above: A local market sells fruits and coconuts dried by geothermal steam

Opposite: A natural hotspring and local flowers



Indonesia has more active volcanoes than any other country. About 76 volcanoes have erupted nearly 1200 times in recorded history. These include some of the most violent eruptions known, including the eruption of Krakatoa in 1883. So, of course, Indonesia lies at the intersection of tectonic plates. In this case, the Eurasian, Australian, and Pacific plates come together here. The plate dynamics are complex, but most of the activity results from the Australian Plate sliding beneath the Eurasian Plate.



Indonesia tiene más volcanes activos que ningún otro país. Aproximadamente 76 volcanes han hecho erupción en 1,200 ocasiones desde que se llevan registros. Éstas incluyen algunas de las más violentas erupciones conocidas, como la erupción del Krakatoa en 1883. Así que, desde luego, Indonesia está en la intersección de placas tectónicas: las placas Euroasiática, Australiana y del Pacífico se juntan aquí. Las dinámicas de las placas son complejas, pero la mayor parte de la actividad es el resultado de la placa Australiana metiéndose bajo la placa Euroasiática.



Above: One of Indonesia's many volcanos

Indonesia is well suited to geothermal development. First of all, the geothermal resource is considered by many to be the largest in the world; second, the urban population is large, and last, the rural population is largely isolated -- scattered throughout thousands of islands. Because of these conditions, Indonesians build huge geothermal facilities to supply their big cities, but they also build many small facilities, under 10 MW, to supply isolated villages. The government is eager to develop the country's geothermal resources because its oil reserves are being depleted.

Many exciting geothermal projects are being considered in Indonesia. For example, a new 50 MW plant is being planned on the island of Sulawesi, east of Borneo.. This facility will be part of larger complex that will include a large plantation and an ethanol plant. And a new, 120 MW plant will soon come on line in West Java. This plant is adjacent to a protected forest, so pollution concerns must be carefully addressed before it is permitted to operate. Pricing negotiations have also slowed the country's ambitious geothermal program, but geothermal development is still expanding more rapidly in Indonesia than anywhere else.



El desarrollo geotérmico es muy recomendable para Indonesia. En primer lugar, muchos consideran que su recurso geotérmico es el más grande del mundo. En segunda instancia, la población urbana es grande y, para terminar, la población rural está muy aislada, repartida en miles de islas. Debido a estas condiciones, los indonesios construyen instalaciones geotérmicas enormes para proveer a sus ciudades, pero también ponen en marcha muchas instalaciones pequeñas de menos de 10 MW para proveer a poblados aislados. El gobierno desea desarrollar los recursos geotérmicos del país, pues sus reservas de petróleo se están agotando.

Muchos proyectos geotérmicos interesantes se están considerando en Indonesia. Por ejemplo, en la isla de Sulawesi, al este de Borneo, una nueva planta de 50 MW está en planeación. Estas instalaciones serán parte de un complejo más grande que incluirá una plantación y una planta de etanol, mientras que una nueva planta de 120 MW pronto comenzará a operar en Java Occidental. La planta está junto a un bosque protegido, así que las preocupaciones por la contaminación deben ser cuidadosamente atendidas antes de que a la planta se le permita operar. Las negociaciones de precio también han frenado el ambicioso programa geotérmico gubernamental; sin embargo, el desarrollo geotérmico todavía se expande más rápidamente en Indonesia que en ninguna otra parte. Muchos inversionistas extranjeros están involucrados en este país.



Above: Woman walking in Jakarta

Opposite: Fisherman in Bali





**“INDONESIA**  
IS HIGHLY RICH IN NATURAL RESOURCES,  
SUCH AS STEAM, COAL, GAS, OIL, AND MANY MINERALS.”

REYNER TAMBUNAN, GEOTHERMAL ENTREPRENEUR

Above and opposite: Scenes from Bali's beaches

Above center: an Indonesian sunset, The city of Jakarta, local transportaion in Jakarta





## EXCLUSIVE INTERVIEW

Mr. Surya Darma  
President of Indonesian Geothermal Association  
Organizing committee member of World Geothermal Congress 2010  
Jakarta, Indonesia



Mr. Edwin J. Joenoes  
Chief General Affairs Officer  
Bali Energy Ltd.  
Organizing committee member of World Geothermal Congress 2010  
Bali, Indonesia

"We mainly use geothermal energy to generate electricity. The price of electricity depends on the kind of prime energy used; if the electricity comes from oil or coal, the price is very high. We provide the people with a more economical energy, which is also very reliable and sustainable. This keeps the price stable and low. The Indonesian people profit from this because the energy is indigenous. It must be used on-site. It cannot be exported like oil and coal. This makes the energy special -- it is produced only for our own people."

The geothermal potential across Indonesia is 27,000 MW. The utilization today is only about 3.5% of that total. But we have many facilities. Some plants are as small as 1 MW. Our deepest wells, on the island of Bali, are 3,000 meters. The average is around 2,000 meters. In most areas, 6 MW is the minimum production level to make a well economically feasible.

We don't have a big hot spring culture like they do in Japan, but local people use hot springs for the health benefits, and we also use the hot water to grow mushrooms. Waste heat from geothermal plants is used for processing palm sugar, and we also use it to dry coconuts. If you dry coconuts the traditional way, they discolor. When you use geothermal steam to dry them, the coconut flesh stays very white and it is very nice. We call this the "white copra."

We do monitor environmental impact. Sulfuric acid is treated before the geothermal fluid is re-injected, but this is not a big problem here. Most of the plants in Indonesia have low silica levels so we don't worry much about silica either.

Geothermal energy has a very bright future. It has the potential to reduce the global warming crisis. I think you can project these advantages well into the future. Crude oil is becoming very expensive, so it seems energy prices will remain high. Geothermal energy is a green energy. It is a renewable resource, so some people say that it is the energy of the future. But this is not the future, this is today! This is today's energy. And tomorrow's energy, I think -- although I've never been to the future! Have you? All we know is today, and today is geothermal.

We have associations and conduct seminars to educate the people about geothermal energy. We like to invite students to learn about it. Then newspaper and magazine articles appear, so people can see the "alternative energy." Well, this is not "alternative" anymore, for us, this is a lifestyle, it's a mainstream, reliable energy source. So we like to turn those perceptions around. Geothermal is not "alternative" or "future" energy. It is prime, now, today. This is one of the tasks of the Geothermal Association of Indonesia -- to make that paradigm shift. We want to make Indonesia the center of excellence for geothermal energy in the world. We have the largest geothermal potential of any country. It's time we realize that and make Indonesia synonymous with geothermal energy.

If you say "oil," you think Middle East. If you say "geothermal," think Indonesia!"



IF YOU SAY "OIL," YOU THINK MIDDLE EAST.

IF YOU SAY "GEOTHERMAL,"

**THINK INDONESIA!**

"Nosotros utilizamos energía geotérmica principalmente para generar electricidad. El precio de la electricidad depende del tipo de energía primaria utilizada. Si la electricidad proviene del petróleo o del carbón, el precio es muy alto. Nosotros proveemos a la gente de energía más económica, muy confiable y sustentable. Esto mantiene el precio estable y bajo. Los indonesios se benefician de esto porque la energía es local, se debe utilizar in-situ, no puede ser exportada, como el petróleo o el carbón. Esto hace que la energía sea especial, se produce únicamente para nuestra gente."

El potencial geotérmico de Indonesia es de 27,000 MW. La utilización hoy es de tan sólo 3.5% de ese total, pero tenemos muchas instalaciones. Algunas plantas son de apenas 1 MW. Nuestros pozos más profundos, en la isla de Bali, están a 3,000 metros, aunque el promedio es de 2,000 metros. En la mayoría de las áreas, el nivel mínimo de producción para hacer que un pozo sea rentable es de 6 MW.

No tenemos una gran cultura de manantiales calientes como la tienen en Japón, pero la gente local los aprecia por sus beneficios a la salud. También utilizamos el agua caliente para cultivar hongos, mientras que el calor de desecho de las plantas geotérmicas se usa para procesar azúcar de palma y para secar cocos. Si secas cocos de la manera tradicional, se decoloran. Cuando utilizas calor geotérmico para secarlos, su pulpa se mantiene muy blanca, muy bonita. A esto le llamamos copra blanca.

No monitoreamos el impacto ambiental. El ácido sulfúrico se trata antes de que el fluido geotérmico se reinyecte; esto no es un gran problema aquí. La mayor parte de las plantas en Indonesia tienen bajos niveles de sílice, así que tampoco nos preocupamos por ello.

La energía geotérmica tiene un futuro muy brillante, tiene el potencial para reducir la crisis del calentamiento global y creo que puede proyectar estas ventajas muy a futuro. El petróleo se está haciendo muy caro y parece que los precios de la energía se mantendrán altos. La energía geotérmica es una energía verde, renovable. Por ello algunas personas dicen que es la energía del futuro, pero esto no es el futuro, jesto es hoy! Ésta es la energía de hoy y del mañana, creo, aunque nunca he estado en el futuro ¿y tú? Todo lo que conocemos es el hoy... y el hoy es geotérmico.

Tenemos asociaciones y llevamos a cabo seminarios para educar a la gente acerca de la energía geotérmica. Nos gusta invitar a estudiantes para que aprendan. Entonces aparecen artículos en periódicos y revistas y así la gente puede ver la 'energía alternativa'. Bueno, para nosotros ya no es 'alternativa', sino que es una forma de vida, es una energía principal, confiable, así que nos gusta voltear esas percepciones. La geotermia no es una energía 'alternativa' o 'futura'; es primaria, ahora, hoy. Ésta es una de las tareas de la Asociación Geotérmica de Indonesia, hacer que cambie ese paradigma. Queremos hacer de Indonesia el centro de la excelencia para la energía geotérmica en el mundo. Tenemos el más grande potencial geotérmico de cualquier país, es hora de que nos demos cuenta de eso y hagamos de Indonesia un sinónimo de la energía geotérmica. Si dices 'petróleo', piensas en el Medio Oriente; si dices 'geotermia' ¡piensa en Indonesia!".

Opposite: Mr. Surya Darma and Mr. Edwin J. Joenoes

Below: Natural hot springs on the edge of a volcanic lake







These pages: The Pertamina Geothermal Power Station in Western Java, Indonesia







These pages: Local people enjoy the naturally occurring geothermal steam and its healthful benefits.





These pages: The local Indonesian people benefit from geothermally generated electricity.  
Opposite center: A family earns their living charging admission to natural geothermal sights.



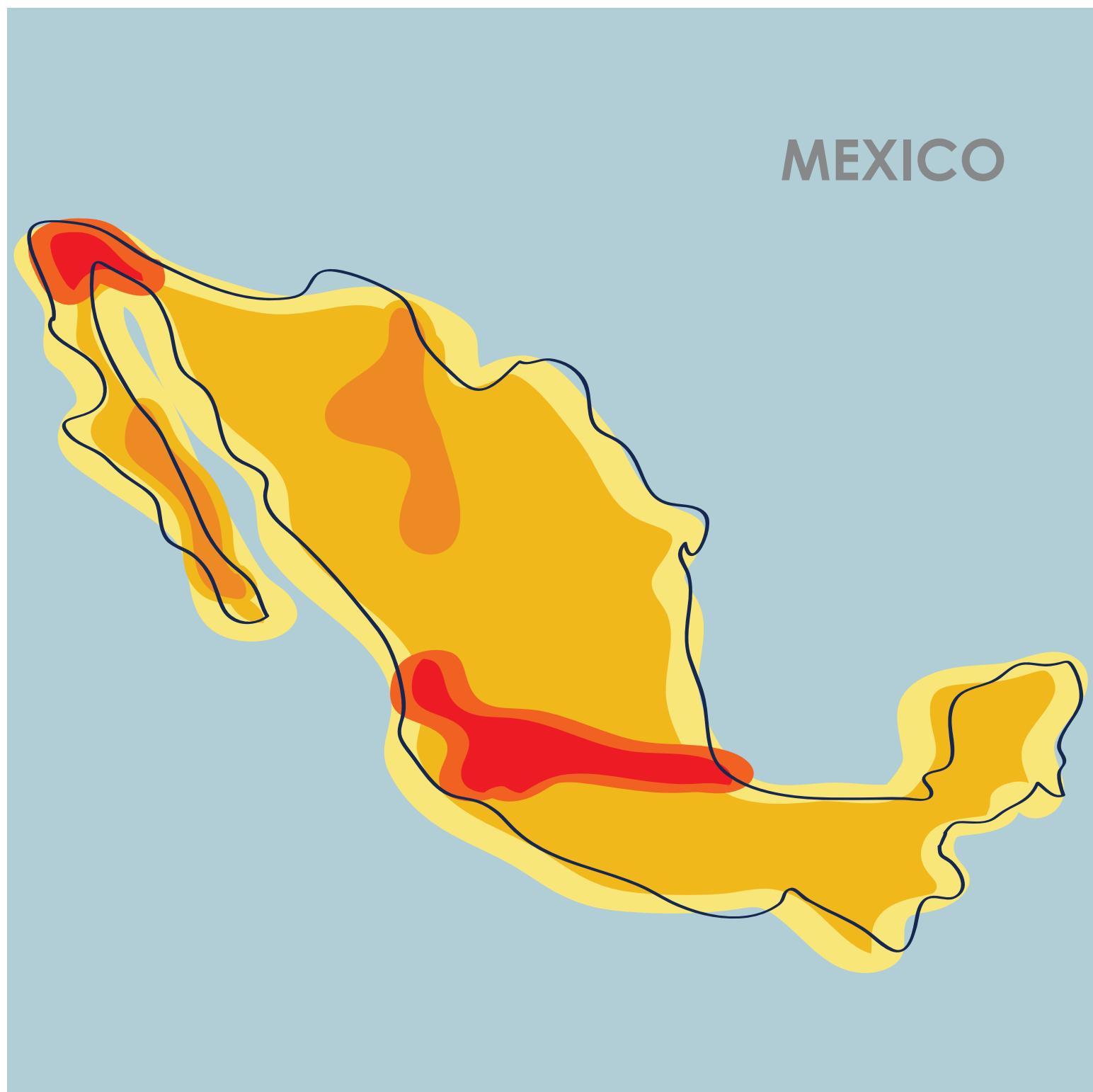












Country: Mexico

Ranking: 4th largest developer of geothermal energy in the world

Installed geothermal electric capacity: 1 gigawatt

Number of operating power plant units in the country: 37

Percentage of national electricity provided by geothermal energy: 3%



México generó electricidad geotérmica antes que nadie en el Hemisferio Occidental, en el campo de Ixtlán de los Hervores, en 1959. Ello no hubiera sido posible sin la exploración y desarrollo inicial llevado a cabo por Luis F. de Anda, un ingeniero visionario, en la década de 1930. Sin embargo, la producción de energía geotérmica inició fuertemente en 1973, en el campo geotérmico Cerro Prieto, una zona gigante en Baja California, cercana a la frontera con Estados Unidos. La corteza está estirada y rota por un límite de placas cercano, así como por un centro de expansión. Esto permite que el magma suba cerca de la superficie. Cerro Prieto es uno de los sistemas geotérmicos más grandes del mundo.

El potencial de energía geotérmica en México se ha estimado en 8,000 MW, lo que lo califica entre los más altos del mundo, pero aún esto puede ser bajo, considerando los desarrollos que son de esperarse. Se han identificado cientos de puntos geotérmicos localizados a lo largo de la península de Baja California, en el norte-centro de México, y en el sur, a lo largo del Cinturón Volcánico Transmexicano. La producción total de electricidad en el país es de alrededor de 950 MW. En Cerro Prieto, trece plantas generadoras hoy producen 729 MW, lo cual provee más de la mitad de la demanda total de Baja California. También se está produciendo electricidad en las Tres Virgenes, en Baja California, y en Los Azufres y Los Humeros en el Cinturón Volcánico.

Left: A woman sells handicrafts at a local market

Below: Mexican family heading to school

Opposite: The famous boats of Xochimilco

## MEXICO

Mexico generated the first geothermal power in the Western Hemisphere at the Ixtlán de Los Hervores Geothermal Field in 1959. This would have been impossible without initial exploration and development carried out in the 1930's by a visionary engineer, Luis F. de Anda. However, geothermal electricity production began in earnest at the Cerro Prieto Geothermal Field in 1973. This is a giant pull-apart zone in Baja California, near the U. S. border. The crust is stretched and broken by a nearby plate boundary and a nearby spreading center. This allows magma to rise close to the surface. Cerro Prieto is one of the largest geothermal systems in the world.

The geothermal energy potential in Mexico is estimated at 8,000 MW among the highest in the world, but even this estimate may be low, if we consider the breakthroughs that may be expected. Hundreds of geothermal targets have been identified. These are found along the Baja Peninsula, in the north of Mexico, and in the south, along the Trans-Mexican Volcanic Belt. Total power production in the country today is about 950 MW.

Thirteen power plants now generate 729 MW of power at Cerro Prieto, which supplies more than half of the total demand for all of Baja California. Power is also being produced at Las Tres Virgenes, in Baja, and Los Azufres and Los Humeros in the volcanic belt.











MEXICO D. F.

2.99

Presto





One of the greatest challenges concerning geothermal power is that the electricity is usually generated very far from where it is needed. Mexico is fortunate in this regard. The Cerro Prieto field is located near cities in the United States that have great demand for electricity. For example, the city of Los Angeles recently signed an agreement to buy 100 MW of power from CFE, the Mexican utility. Further south, Mexico City is close to the volcanic belt where newer geothermal development is going on. The great potential along the Baja Peninsula is also fortunate. This area is isolated from the rest of the country, so it needs to generate power locally. In some cases, very small binary plants can be used to provide power to isolated villages. In 2001, CFE installed a 300 KW plant at Maguarichic, in Chihuahua, which supplied the village with its first reliable source of power.

Several new plants are expected to come on-line within the next few years. A new plant, alongside renovations at Cerro Prieto, are expected to increase capacity by 25 MW. New facilities are being built at Cerritos Colorados (75 MW), on the west end of the volcanic belt, and at Los Humeros (25 MW) on the east end. Some innovations are also expected. For example, at Cerro Prieto, they are researching how to boost geothermal production with solar energy collectors. The great size of the resource at Cerro Prieto, combined with the age of the facility, present special problems, however. New projects in this area will address ongoing air and groundwater pollution concerns.

These pages: The Cerro Prieto geothermal field in Baja California, run by Mexican state power company CFE.



Geothermal energy has created the largest natural crystals on Earth. In Naica, Chihuahua, Mexico, crystalline forms of gypsum grow up to 15 meters long in hot, vaporous caves. This may lead to new mining and manufacturing methods.

Hot springs can also give us a look at what life might be like on other planets. Explorers recently experimented with an underwater robot at Cenote Zacatón, Mexico- the deepest warm spring in the world, because it's a lot like what they expect to find on Jupiter's moons.

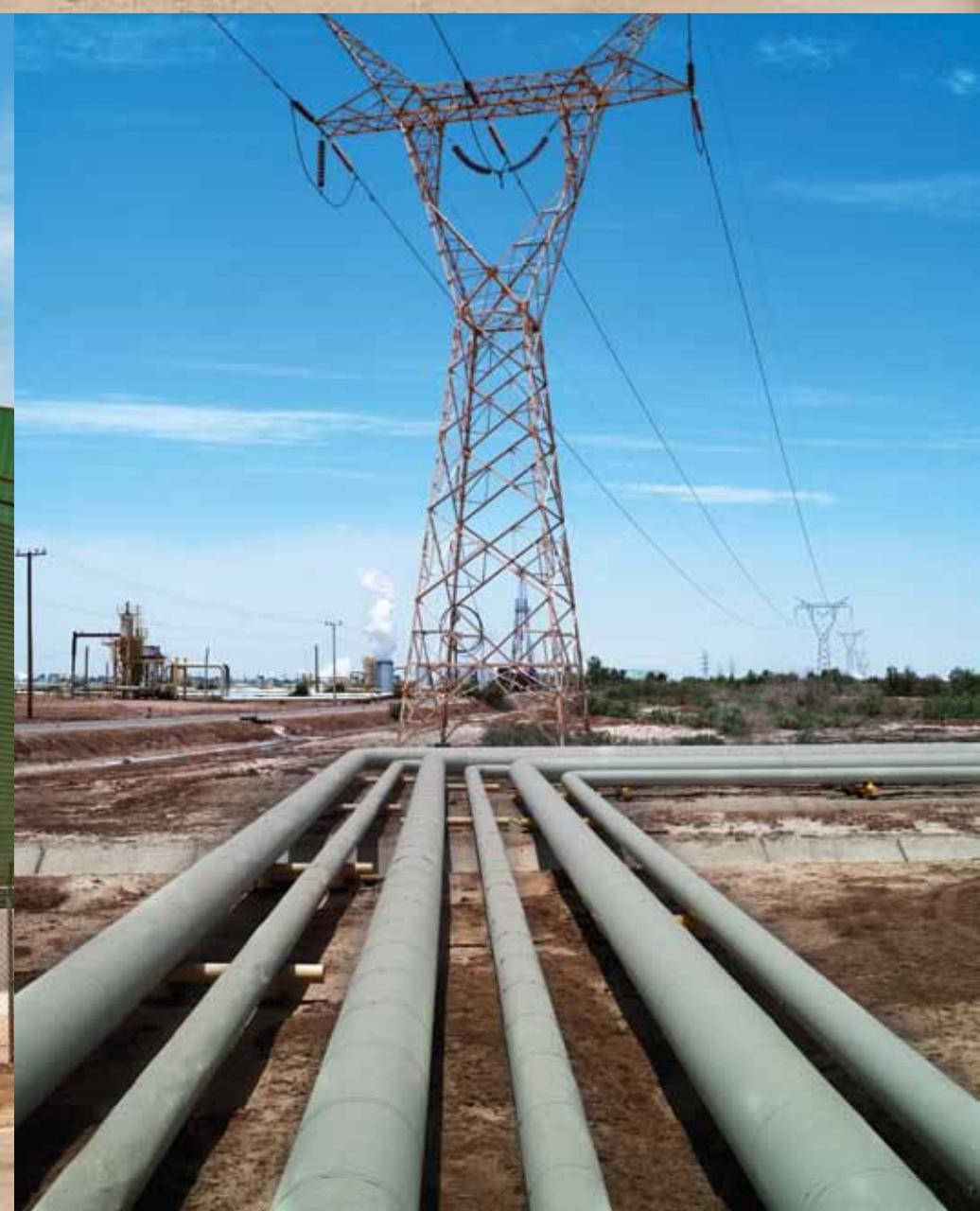


La energía geotérmica también ha creado los cristales naturales más grandes de la Tierra en las cercanías de Naica, localizado en el estado mexicano de Chihuahua. Las formas cristalinas de gypsum crecen hasta 15 metros en las cavernas calientes y vaporosas del sitio. Esto nos puede llevar a desarrollar nuevos métodos de minería y manufactura.

Las fuentes termales nos pueden dar una idea de lo que pudiera ser la vida en otros planetas. Unos exploradores recientemente llevaron a cabo experimentos con un robot submarino en el Cenote Zacatón, en México (la fuente termal más profunda del planeta), puesto que se cree que es muy semejante a lo que se espera encontrar en las lunas de Júpiter.



These pages: The Cerro Prieto geothermal field in Baja California, run by Mexican state power company CFE.





These pages: The Cerro Prieto geothermal field  
Left: Mobile offices of Constructora y Perforadora Latina  
where CPL has completed several drilling projects.







These pages: Scenes from the Cerro Prieto geothermal field



Uno de los mayores problemas de la electricidad geotérmica es que ésta regularmente debe de ser generada a grandes distancias de donde se necesita. México es afortunado en este sentido. El campo de Cerro Prieto se localiza cerca de ciudades de Estados Unidos que tienen gran demanda de electricidad, como por ejemplo la ciudad de Los Ángeles, que recientemente firmó un acuerdo para comprar 100 MW de fuerza a la CFE, la compañía mexicana de electricidad. La Ciudad de México está cercana al Cinturón Volcánico, en donde se están desarrollando nuevos proyectos geotérmicos. También hay gran potencial a lo largo de la península de Baja California; esta área se encuentra aislada del resto del país, por lo que necesita generar energía localmente. En algunos casos se pueden utilizar plantas binarias muy pequeñas para proveer de electricidad a poblados aislados. Por ejemplo, en 2001, la CFE instaló una planta de 300 KW en Maguarichic, Chihuahua, con lo cual provee al pueblo de su primera fuente confiable de electricidad. Se espera que varias plantas nuevas comiencen a funcionar en los siguientes años. Una nueva planta, aunada a renovaciones en Cerro Prieto, deberá incrementar la capacidad en 25 MW, mientras que nuevas instalaciones se construyen en Cerritos Colorados (75 MW), en la punta oeste del Cinturón Volcánico y en los Humeros (25 MW) en la punta este. También se esperan algunas innovaciones en Cerro Prieto, en donde, por ejemplo, se están llevando a cabo investigaciones para incrementar la producción geotérmica con colectores de energía solar. El enorme recurso en Cerro Prieto y la edad de las instalaciones presentan problemas especiales. Los proyectos nuevos en esta área atenderán problemas continuos de contaminación del aire y el agua.





Above: Popocatépetl is an active volcano and, at 5,426 m (17,800 ft), the second highest peak in Mexico after the Pico de Orizaba

Below: Panoramic view of Cerro Prieto geothermal field

Opposite: A crater at the base of the Cerro Prieto field has lured locals to leave their mark





**"I BELIEVE MEXICO SHOULD DEDICATE 100% OF ITS OIL REVENUES TO DEVELOPING HUMAN CAPITAL AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT. NONE OF US POLITICIANS SHOULD BE ABLE TO TOUCH THAT MONEY."**

-VICENTE FOX



3a14

(土)

五合本

全  
錄

A large, stylized white calligraphic piece on a solid red background. The characters are fluid and expressive, appearing to be written in a cursive or semi-cursive style. The overall composition is dynamic and visually striking.

A vertical red banner with white and black abstract shapes. The design includes several large, irregular white shapes of varying sizes, some with internal black outlines or highlights. There are also several black shapes, some with white highlights, arranged vertically. The overall style is minimalist and modern.

This image is a red square with white and black ink elements. It features a large, stylized white bird silhouette in the center, facing right. To the left of the bird, there is vertical white calligraphy. To the right, there is more white calligraphy and a cluster of black ink strokes. The overall style is minimalist and abstract.

Ja  
pa  
n

道

兔

通

珠

蟹

山

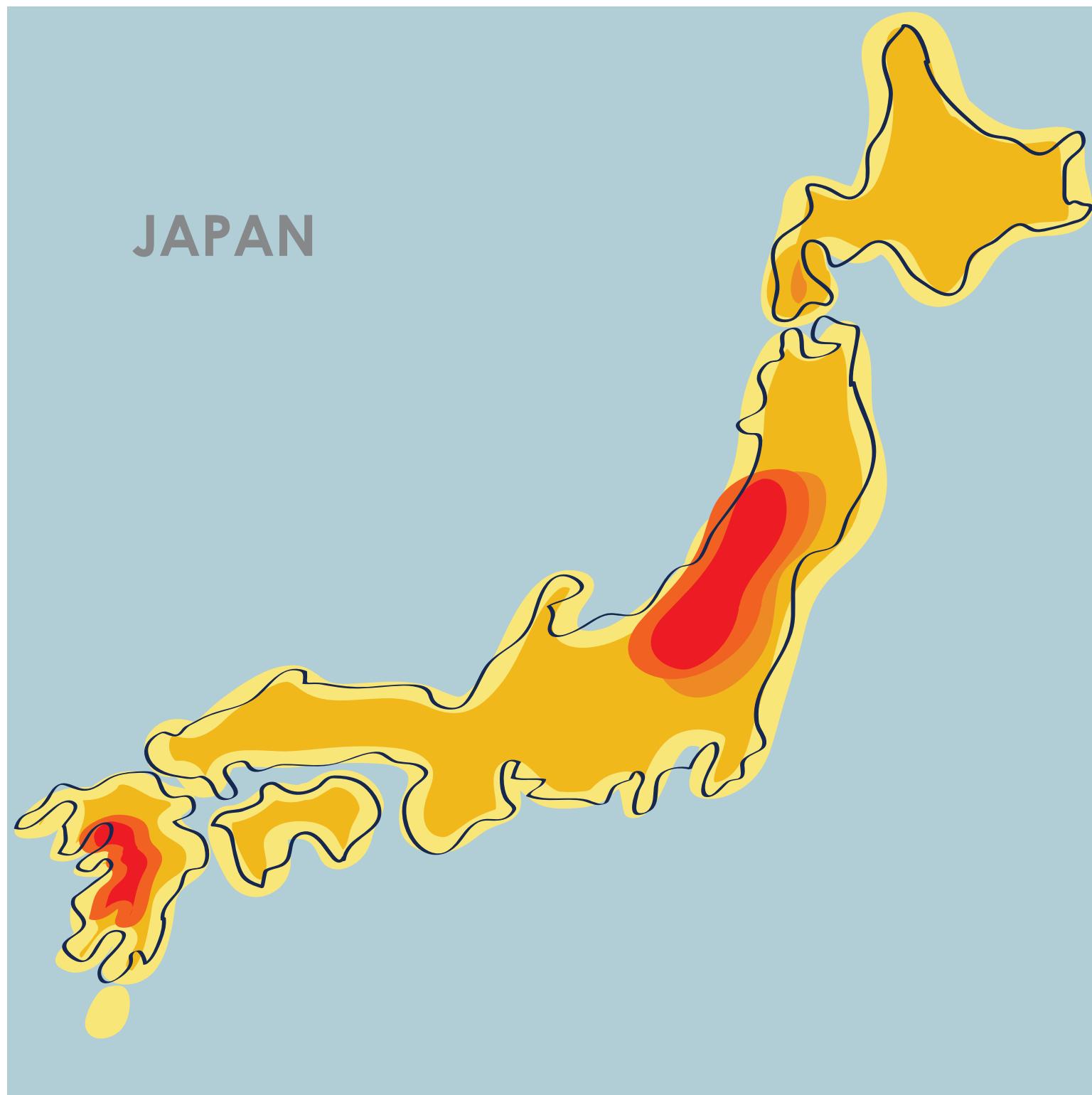
イ  
ラ  
ブ  
チ  
市

心  
レ  
イ  
ユ  
市

ナ  
ラ  
サ  
ニ







Country: Japan

Ranking: 6th largest developer of geothermal energy in the world

Installed geothermal electric capacity: .6 gigawatts

Number of operating power plant units in the country: 22

Percentage of national electricity provided by geothermal energy: .2%



These pages: Scenes from Tokyo, Japan

# JAPAN

Japan is the world's largest user of direct geothermal heat. Public baths have been important throughout the country for thousands of years. After all, geothermal energy is widespread, and the winters are cold. The heat has also been traditionally used for space heating, manufacturing, agriculture, and fish farming. In 1966, the Japanese began generating electricity with natural steam near Nagano, in the mountainous center of the Honshu, the main island. That first plant had a 22 MW capacity. Since then, the electrical capacity has expanded to nearly 600 MW, but even this is far overshadowed by the direct use of geothermal heat on the islands. Japan's geology is similar to that of The Phillipines. In this case, both the Philippine Plate and the Pacific Plate are being gobbled up from the west. Japan was originally attached to the continent of Asia, but the new magma generated by the plate collisions pulled Japan eastward, creating the Sea of Japan around 15 million years ago. This produced a lot of near-surface magma, primarily below Honshu, near where the Philipine and Pacific plates meet. Geothermal wells in northern part of the island have encountered temperatures in excess of 500° C at a depth of 3700 meters.



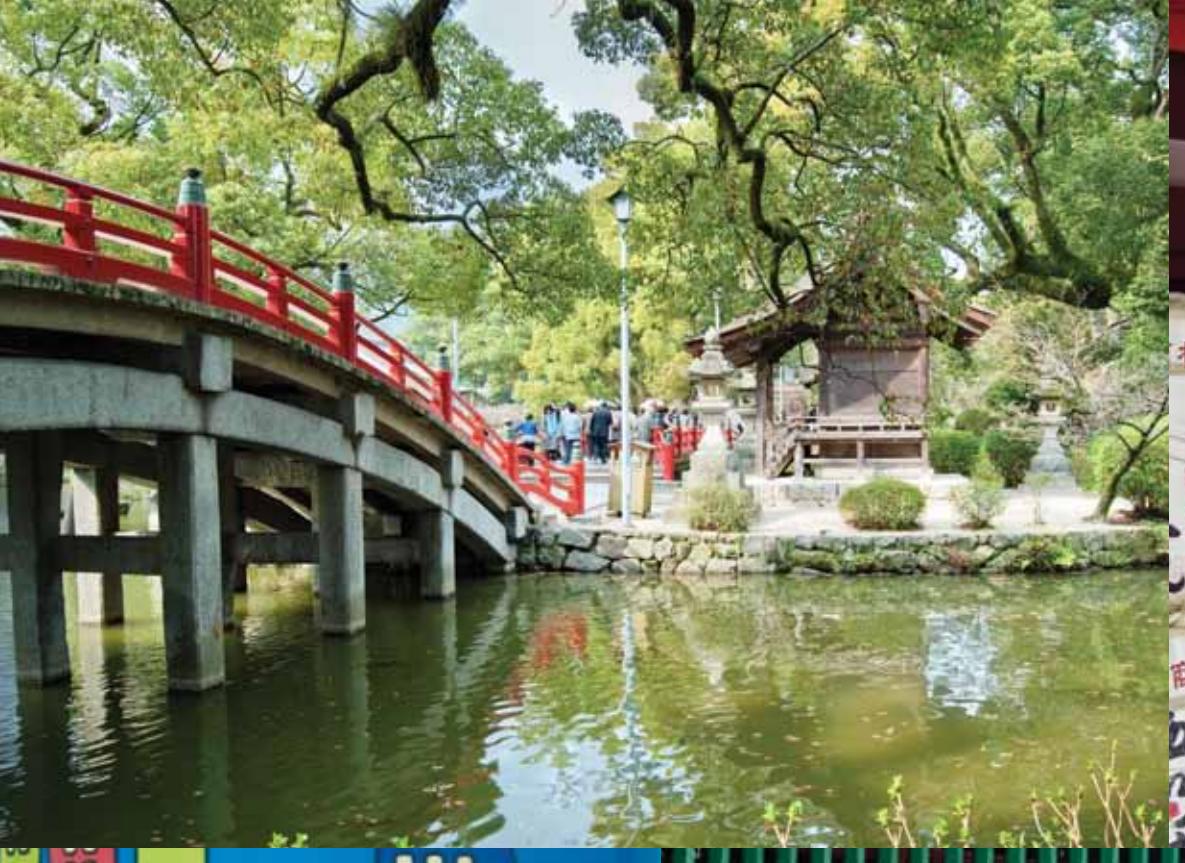
Japón es el más grande usuario de calor geotérmico en el mundo. Los baños públicos han sido importantes en todo el país durante miles de años. Después de todo, la energía geotérmica está ampliamente distribuida y los inviernos son fríos. El calor también ha sido utilizado tradicionalmente como calefacción, en la manufactura, la agricultura y en granjas piscícolas.

En 1966, los japoneses comenzaron a generar electricidad con vapor natural en las cercanías de Nagano, en el centro montañoso de Honshu, la isla principal. Esa primera planta tenía capacidad de 22 MW. Desde entonces la capacidad eléctrica se ha expandido a cerca de 600 MW. Pero aun esto es muy poco si se considera el uso directo del calor geotérmico en las islas. La geología de Japón es similar a la de Filipinas. En este caso, tanto la placa Filipina como la placa del Pacífico están siendo presionadas desde el oeste. Originalmente, Japón se encontraba anexado al continente asiático, pero el nuevo magma, generado por las colisiones de las placas, jaló a Japón hacia el este, creando el mar de Japón hace aproximadamente 15 millones de años. Esto produjo mucho magma cercano a la superficie, principalmente debajo de Honshu, donde se unen las placas Filipina y del Pacífico. Pozos geotérmicos en la parte norte de la isla han encontrado temperaturas mayores a 500°C a una profundidad de 3,700 metros.

Balneology – the science of bathing – was developed in Europe, but for centuries, the methods were still more refined in Asia, where bathing had always remained popular. The Chinese had long revered hot springs, and the Japanese were the acknowledged experts in sacred, healthful bathing. Many of the 3,000 onsen (hot springs) that dot Japan were beautifully developed centuries ago. Dogo Onsen has been in use for 3,000 years, and is referred to in Japan's oldest historical records. Turkey's long bathing tradition is linked to both the ancient Roman and Arabian bathing cultures.

The traditional love of the Japanese for beauty and cleanliness has always constrained the development of geothermal power. Proposed sites are often bounded by national parks and spas, and it is sometimes difficult to get permission to build a plant. In fact, geothermal power development came to a standstill over the last ten years, primarily because of concerns over using up the hot water. But a new surge in development is coming. The energy is needed to help shore up a sagging economy. New technology will help ensure that development will not harm local economies or environments.







Aunque la balneología, la ciencia del baño, se desarrolló en Europa, por centurias los métodos fueron mucho más refinados en Asia, donde el baño nunca perdió popularidad. Los chinos reverenciaron las fuentes termales, mientras que los japoneses eran los reconocidos expertos del baño sagrado. Muchos de los 3,000 "onsen" o fuentes termales que se localizan en Japón fueron hermosamente desarrollados hace siglos. "Dogo Onsen" ha estado en uso por 3,000 años y se le hace referencia en los más antiguos registros históricos del Japón. Por otro lado, la larga tradición del baño en Turquía está ligada tanto a la cultura del baño de la antigua Roma como a la árabe.

El tradicional amor japonés por la belleza y la limpieza ha evitado siempre el desarrollo de energía geotérmica. Los sitios propuestos frecuentemente están rodeados de parques nacionales y spas, y a veces es difícil obtener permiso para construir una planta. De hecho, el desarrollo de energía geotérmica se detuvo en los últimos 10 años por temores relativos a usar toda el agua caliente. Pero viene un nuevo incremento en el desarrollo. Se necesita la energía para ayudar a una economía recesiva y la nueva tecnología ayudará a asegurar que el desarrollo no dañe las economías ni el medio ambiente local.

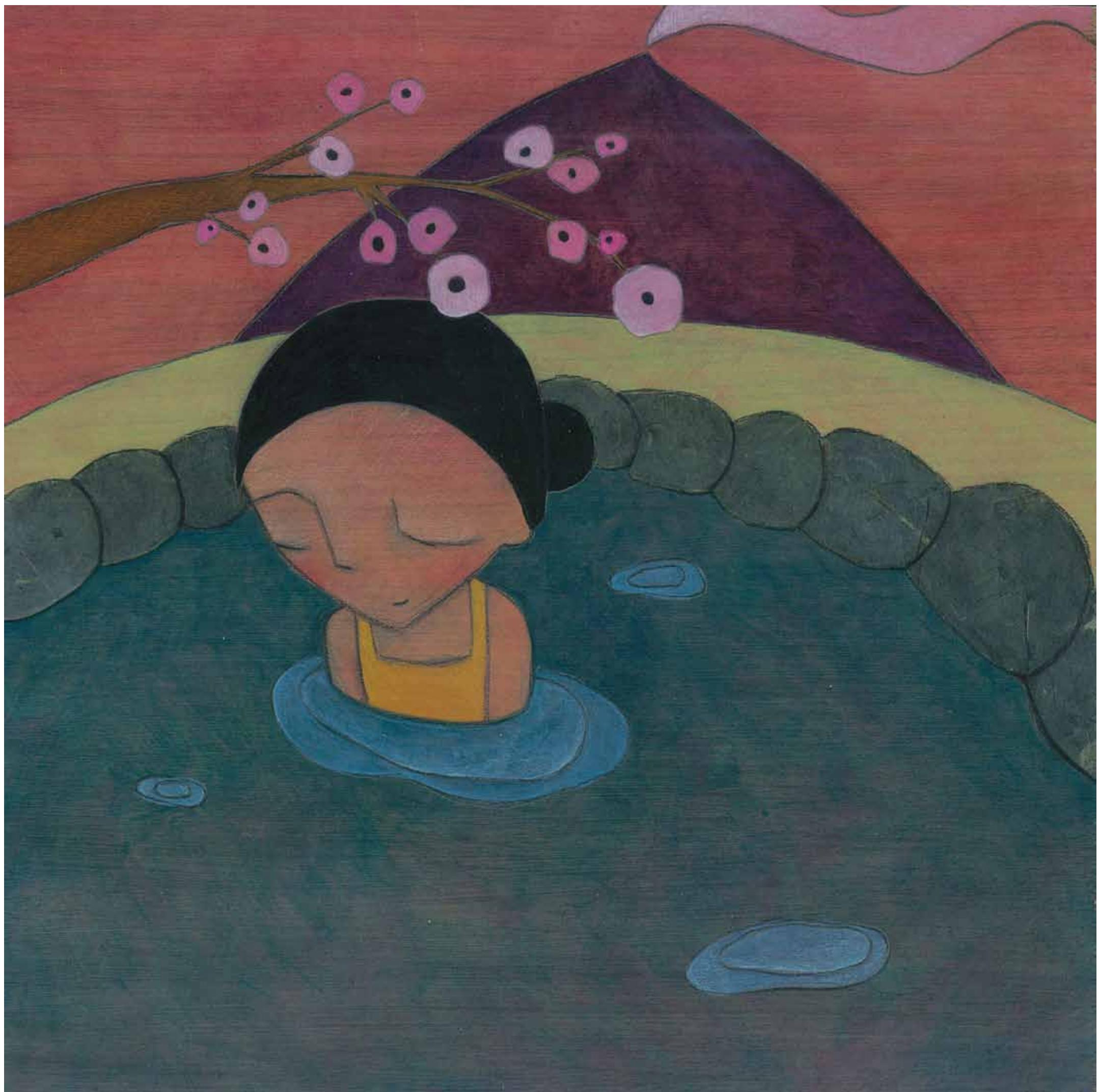
Previous pages: A Japanese temple in Fukuoka, Japan

Above: A Japanese "Onsen" or hot spring spa

Opposite: Japanese Macaques monkeys bathing,  
scenes from a Japanese geothermal hot spring







Above: "Mount Fuji Hot Spring" acrylic on wood by Kara Burke

Opposite: Cherry Blossoms, woman bathing, private hot spring

**"DOMESTIC ENERGY SOURCES LIKE GEOTHERMAL ARE IMPORTANT  
FOR A HEALTHY AND STABLE ECONOMY."**

**EXCLUSIVE INTERVIEW**

Masaho Adachi  
President and Geologist  
Okuaizu Geothermal Co.Ltd.  
Tokyo, Japan



Left: Masaho Adachi  
Right: Mount Fuji,  
Sunset over geothermal power plant



"Here in Japan, we took an early interest in geothermal power generation. Following the example of the Italians, we drilled our first steam well in 1919. Then, in 1925, we generated the first electric power from geothermal energy. Now we generate more than 600 MW. The power plant in the Yanaizu-Nishiyama area started operation on May 25, 1995. Its capacity is 65 MW. It uses 21 production wells and 3 re-injection wells. The wells are 1500 – 2600 Meters deep. Our geothermal fluid is of a very high temperature, with a high concentration of silica and other minerals. If we don't treat the fluid, the silica clogs the pipes, but we have a method of mixing hot water and cold water from the plant to reduce silica content. After 13 years, we've never had a problem with our method, it's a very special case. Other geothermal power plants in Japan use different methods. One is to re-inject the hot water at high pressure and temperature so the silica stays in suspension. The other method is to use ph-controlling chemicals. Fortunately, at this plant, our wells produce 85% steam, and our excess cold water is sufficient to manage the silica. It's a very special case. Our plant also has a special way to extract hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) gas, to reduce the environmental impact. We are able to sell the sulfur product, and this helps offset the cost of the extraction. Still, this extraction consumes most of our budget for environmental research."

The best thing about geothermal power in Japan is that it is a domestic energy source. We don't have to rely on other countries for this energy. It is very localized and it provides economic benefit for rural regions. If we have some kind of seismic tragedy, 70% of other energy sources have a risk of stopping production. The risk is much smaller that geothermal energy would be disrupted. Finally, it is a clean and renewable energy. The newest power plant in Japan was constructed in 1999. Now we are starting to build new plants again. Soon we will have 2 or 3 new plants in Japan, and by 2050 we want to have geothermal energy supply 10% of the electricity in Japan. That would be a huge increase.

Here in Japan, green energy has a strong media presence. Coverage about geothermal energy is relatively new, but from time to time you can see a television documentary about it, and sometimes, on the news, there is a story about how the power can impact our lives. It is good to see that Japanese people are becoming more aware of geothermal energy. Geothermal is important to us as a domestic energy source. We are experiencing an economic recession here in Japan right now, which is difficult, but at least it makes people understand that domestic energy sources like geothermal are important for a healthy and stable economy. I have always said that our domestic economy is the most important. We should not depend so much on energy from other countries, as we do now. Domestic energy and domestic industry help keep a nation strong, so geothermal energy is very important for all nations that can use it."



"Aquí en Japón nos interesamos desde el principio en la generación de electricidad geotérmica. Siguiendo el ejemplo de los italianos, perforamos nuestro primer pozo de vapor en 1919. Luego, en 1925, generamos la primera electricidad a partir de la energía geotérmica. Hoy generamos más de 600 MW. La planta generadora en el área de Yaaizu-Nishiyama comenzó a operar el 25 de mayo de 1995. Su capacidad es de 65 MW, utiliza 21 pozos de producción y 3 pozos de reinyección. Los pozos tienen profundidades de 1,500 a 2,600 metros. Nuestro fluido geotérmico tiene muy alta temperatura y alta concentración de sílice y otros minerales. Si no tratamos el fluido, la sílice tapa las tuberías, así que tenemos un método para mezclar agua caliente y agua fría de la planta para reducirla. Después de 13 años, nunca hemos tenido un problema con nuestro método. Es un caso muy especial, otras plantas de energía geotérmica en Japón utilizan métodos diferentes. Uno de ellos es reinyectar el agua caliente a alta presión y temperatura de forma que la sílice se mantenga en suspensión. La otra manera es usar químicos para controlar el PH. Afortunadamente, en esta planta nuestros pozos producen 85% de vapor y nuestra agua fría sobrante es suficiente para manejar la sílice; es un caso muy especial. Nuestra planta tiene una forma especial para extraer ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S) en forma de gas para reducir el impacto ambiental. Podemos vender el azufre producido, lo cual ayuda a compensar el costo de la extracción. Aun así, esta extracción consume la mayor parte de nuestro presupuesto para la investigación ambiental."

Lo mejor de la electricidad geotérmica en Japón es que es una fuente doméstica de energía. No tenemos que depender de otros países para obtenerla y está muy localizada. Provee beneficios económicos para regiones rurales. Si tenemos algún tipo de tragedia sísmica, el 70% de otras fuentes de energía corren el riesgo de detener su producción. El riesgo es mucho menor para la energía geotérmica. Finalmente es una forma de energía limpia y renovable. La planta más reciente de Japón se construyó en 1999. Ahora estamos comenzando a edificar plantas de nuevo. Pronto tendremos 2 o 3 plantas nuevas y para el año 2050 queremos que 10% de la energía eléctrica del país provenga de la energía geotérmica, lo cual representaría un enorme incremento.

Aquí en Japón la energía verde tiene una fuerte presencia mediática. La cobertura acerca de la energía geotérmica es relativamente nueva, pero de vez en cuando puedes ver un documental sobre ella en la televisión. A veces en las noticias hay reportajes acerca de cómo la electricidad puede impactar nuestras vidas. Es bueno ver que los japoneses se están haciendo más conscientes de la energía geotérmica. La geotermia es importante para nosotros como una fuente de energía local. Estamos experimentando una recesión económica, lo cual es difícil, pero por lo menos hace que la gente entienda que las fuentes de energía domésticas tales como la geotermia son importantes para una economía fuerte y saludable. Siempre he dicho que la economía doméstica es la más importante. No debemos depender tanto de la energía importada como ahora. La energía e industria domésticas mantienen fuerte a una nación, así que la energía geotérmica es muy importante para las naciones que la pueden utilizar".

## “THE PERSPECTIVE ABOUT ENERGY SHOULD BE GLOBAL. IT IS OUR PLANET AND WE CAN ALL BENEFIT.”

### EXCLUSIVE INTERVIEW

Mr. Enrique M Lima Lobato  
 Senior Reservoir Engineer  
 General Manager Overseas Department  
 West Japan Engineering Consultants, Inc.  
 Fukuoka, Japan

Mr. Koichi Tagomori  
 General Manager, Geothermal Department  
 West Japan Engineering Consultants, Inc.  
 Fukuoka, Japan

Mr. Seiki Kawazoe  
 Geothermal Power Group Manager  
 Kyushu Electric Power Co., Inc.  
 Fukuoka, Japan

“Geothermal is the only kind of indigenous energy in Japan. We need to import all other energies from other countries. So it is very good for Japan to have this domestic source of energy that we can control ourselves. We use geothermal energy for both electricity and agriculture. The people around our power plants run spas and hot springs. If they run low on hot water, the company provides them with more. This keeps them happy. We take out the elements that are bad for health; we clean it and send it to the spas for free, in exchange for their permission to build a plant nearby. The spas are an important use of the heat that we find.

They also use the heat for greenhouses, to grow special flowers like orchids. Exportation of flowers is a huge industry -- we send them all the way to Europe. The growers also use chemicals from hot water and steam to feed the plants. They have even started to generate their own small-scale electricity at the flower farms using geothermal energy. So this is a great example of how geothermal can be used to help other industries grow in Japan.

The steam goes into the air and the water is re-injected into the ground. We take out the poisonous chemicals first. Sometimes we use a heat exchanger to produce cleaner water for bathing and greenhouses. The locals use it to melt snow sometimes too. We like to be on good terms with our neighbors. When we want to construct a new power plant in Japan, we of course need permission from the government, but we also need the permission of the local people.

There are several kinds of environmental impacts. One is the change of pressure underground, which can impact the movement of the tectonic plates, but this is not our case here in Japan. In places like New Zealand they have this, but it hasn't happened here in Japan. Just to be safe, we monitor this carefully at all plants. Another impact is the presence of the power plants themselves; we are careful to minimize the visual impact of having a power plant in a village.

Another impact is to the atmosphere, which depends on the kinds of gasses and fluids you have. In the case of our power plants, the amount of gas is so small that it really has little or no impact. However, we also monitor this very closely, because we are required to report it by law.

When we first began to develop geothermal energy in Japan, we naturally assumed that the higher the temperature you find, the better, but then we learned that when you have high temperature, you also have a lot of minerals in the fluid, which can be expensive to extract. High temperature is good for energy but it takes a toll on the energy equipment. Minerals like silica can build up and cause a problem for the machines. By controlling the fluids with pH chemicals and by mixing the hot water with cold water, we are able to reduce the silica build up. Part of the budget of the plants is dedicated to research in cleaning up the water and reducing the environmental impact in general. When we find dangerous chemicals such as arsenic, we remove them and dispose of them according to environmental regulations.

The benefits of geothermal energy are greater in developing countries. Consider that a 50 MW plant can supply electricity for a city of 500,000 people. This is more important in a country with a relatively small population, like Nicaragua. It's a bigger impact per capita. In addition, if you use geothermal heat as well as electricity, then the rural people have a new source of income. This has a social impact, if you provide them with new income, they have a better life in their country, and this helps reduce illegal immigration, and so, the impact becomes global.

One job that we now have in Japan is to go to these other countries to help encourage them to develop their geothermal power, but we try to teach them to do it in a way that doesn't harm the environment. This is a green energy if it is regulated properly. If you put it in the hands of some developing countries, you have a responsibility to ensure that it is done the right way. If you can do that, then you have helped provide a wonderful green energy with an incredible social and economic benefit for local people.

The future of geothermal energy is very bright. If the world has some kind of crisis and we cannot use oil anymore, we in Japan can turn to geothermal energy. This is ours. But our perspective should be larger than just Japan. We can go build plants in other parts of the world, too. This will help not only Japan but also the local people. The perspective about energy should be global. It is our planet and we can all benefit.”

Opposite: Mr. Koichi Tagomori, Mr. Enrique M Lima Lobato, and Mr. Seiki Kawazoe

Left: Scenes from Southern Japan





"La energía geotérmica es la única clase de energía local en Japón. Tenemos que importar todas las otras energías de otros países, así que es muy bueno que Japón tenga esta fuente doméstica que podemos controlar nosotros mismos. Usamos la energía geotérmica tanto para obtener electricidad como para la agricultura. La gente vecina de nuestras plantas opera spas y manantiales calientes. Si se les acaba el agua caliente, la compañía les provee de más. Esto los mantiene felices. Sacamos los elementos que son malos para la salud, la limpiamos y la enviamos gratis a los spas. Esto es un intercambio por permitirnos construir una planta cercana. Así es que los spas son una forma importante del uso del calor que encontramos.

También utilizamos el calor para invernaderos, en los que cultivamos flores especiales, como las orquídeas. La exportación de flores es una industria enorme; incluso las enviamos hasta Europa. Los floricultores utilizan los químicos del agua caliente y el vapor para alimentar las plantas e incluso han comenzado a generar su propia electricidad, a pequeña escala, utilizando energía geotérmica. Esto es un gran ejemplo de cómo la geotermia puede ser utilizada para hacer crecer a otras industrias en Japón.

El vapor se va al aire y el agua se reinyecta al suelo. Sacamos los químicos venenosos primero y en ocasiones utilizamos un intercambiador de calor para producir agua más limpia para bañarse y para los invernaderos. La gente local la utiliza para derretir la nieve. Nos gusta estar en buenos términos con nuestros vecinos. Cuando queremos construir una nueva planta en Japón, desde luego necesitamos el permiso del gobierno, pero también el de la población local.

Hay varios tipos de impactos ambientales. Uno es el cambio de presión bajo tierra, lo cual puede impactar en el movimiento de las placas tectónicas, pero no es el caso aquí en Japón. Esto lo tienen en lugares como Nueva Zelanda, pero aunque no ha sucedido aquí en Japón, lo monitoreamos cuidadosamente en todas las plantas para estar seguros. Otro impacto es la presencia de las plantas generadoras. Tenemos cuidado de minimizar el impacto visual que representa el tener una planta generadora en un pueblo.

Este tipo de actividad también puede causar afectación a la atmósfera, pues depende de los tipos de gases y fluidos que tengas; en el caso de nuestras plantas la cantidad de gas es tan pequeña que en realidad tiene poco o ningún impacto; sin embargo, también monitoreamos esto muy cuidadosamente porque, por ley, lo tenemos que reportar.

Cuando comenzamos a desarrollar la energía geotérmica en Japón, naturalmente asumimos que mientras más alta la temperatura, sería mejor. Entonces aprendimos que cuando tienes temperatura elevada también tienes muchos minerales en el fluido, los cuales pueden resultar caros de extraer. La alta temperatura es buena para la energía, pero causa desgaste en el equipo; los minerales como la sílice se pueden acumular y causar un problema para las máquinas. Controlando los fluidos con químicos para PH y mezclando agua caliente con fría, podemos reducir la acumulación de sílice. Parte del presupuesto de las plantas se dedica a la investigación para limpiar el agua y reducir el impacto ambiental en general. Cuando encontramos químicos peligrosos, tales como el arsénico, los removemos y disponemos de ellos de acuerdo a reglamentos ambientales.

Los beneficios de la energía geotérmica son más grandes en países en desarrollo. Considere que una planta de 50 MW puede proveer electricidad para una ciudad de 500 mil habitantes. Esto es más importante en un país con una población relativamente pequeña como Nicaragua. Es un impacto más grande per capita; si utilizan calor geotérmico además de electricidad, la gente del campo tiene una nueva forma de ingreso, lo cual tiene un impacto social. Les provees de nuevo ingreso, viven mejor en su país y esto ayuda a reducir la migración ilegal. Así que el impacto se hace global.

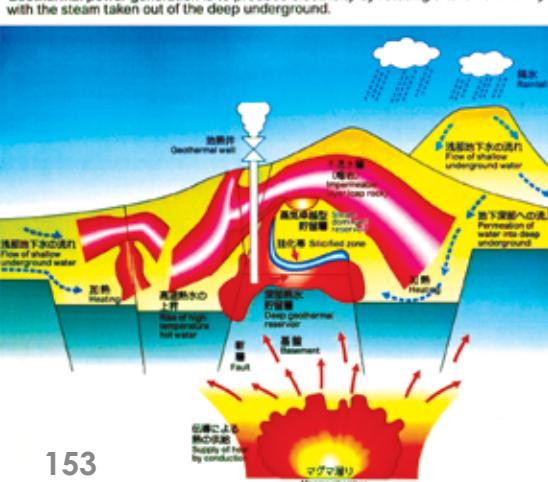
Un trabajo que tenemos ahora en Japón es ir a otros países y ayudarlos a desarrollar su energía geotérmica. Ésta es energía verde si se regula adecuadamente. Si la pones en manos de algunos países en desarrollo, tienes la responsabilidad de asegurarte de que se haga adecuadamente. Si puedes hacerlo, entonces has ayudado a proveer de una maravillosa energía verde con un increíble beneficio social y económico para los habitantes.

El futuro de la energía geotérmica es muy brillante. Si el mundo tiene algún tipo de crisis y no podemos usar petróleo, nosotros en Japón podemos recurrir a la energía geotérmica: nos pertenece. Pero nuestra perspectiva debería ser más amplia que sólo Japón. Podemos ir a otras partes del mundo a construir plantas, con lo cual ayudamos no solamente a Japón sino también a la gente local. La perspectiva acerca de cualquier energía debería ser global. Es nuestro planeta y todos nos podemos beneficiar".

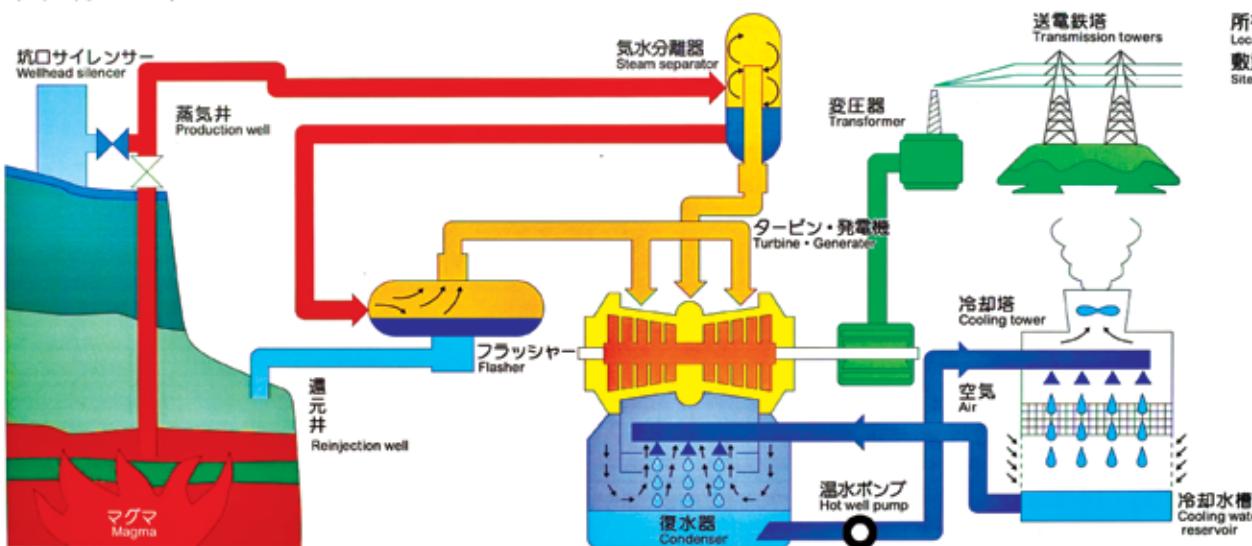


## 地熱発電とは Geothermal Power Generation

無尽蔵な地球の内部の熱を利用して電気をあこすしくみです。  
Geothermal power generation is to produce electricity by rotating a turbine directly with the steam taken out of the deep underground.



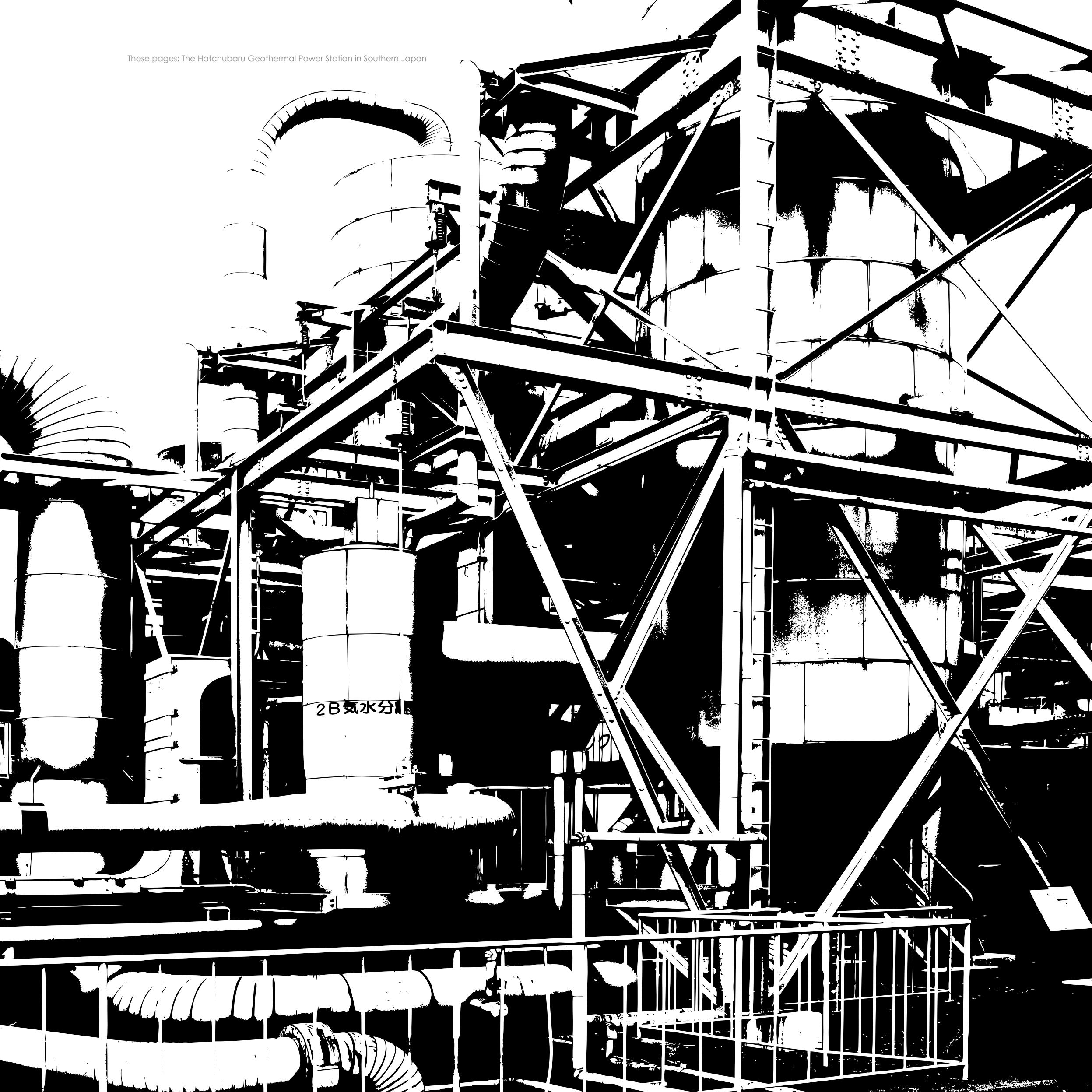
## 八丁原地熱発電所のしくみ Mechanism of Hatchobaru Geothermal Power Plant



## 八丁原発電所のあらまし

所在地 Location: 大分県玖珠郡九重町大字湯坪字八丁原601番地  
敷地面積 Site Area: 181万m<sup>2</sup>  
1,810,000 ft<sup>2</sup>

	1号機 No.1 Unit	2号機 No.2 Unit
出力 Out Put	55,000 kW	55,000 kW
営業運転開始 Start of commercial operation	昭和52年6月 June 1977	平成2年6月 June 1990
総工事費 Total construction cost	140億円 14 billion yen	230億円 23 billion yen
蒸気井 Production well	15本 wells	13本 wells
還元井 Reinjection well	6本 wells	11本 wells
タービン形式 Turbine type	単気筒複流衝動-反動型混圧復水タービン Single cylinder, double flow, mixed pressure, condensing type	
発電機 Generator	横置円筒回転界磁形 Horizontal, cylindrical, revolving field type	
発電機冷却方式 Cooling method	水素冷却方式 Hydrogen cooling method	空気冷却方式 Air cooling method
主変圧器 Main transformer	59,000 kVA	59,000 kVA
年間発生電力量 Annual generated elec. power	9億2千万 kWh 920,000 MWh	



Several new power plants will be built in the coming years. A plant at Yuzawa in Akita Prefecture in northern Japan will have a 60 MW capacity. Because of water concerns and conflicts with some neighboring spas, there is renewed interest in enhanced geothermal systems in Japan. In this type of system, hot water would be injected into hot rocks to create steam, and small-scale plants are being proposed in sensitive areas, to provide power for local resorts. Meanwhile, hot water will continue to be used as it always has been – for bathing, growing things, and even raising alligators.



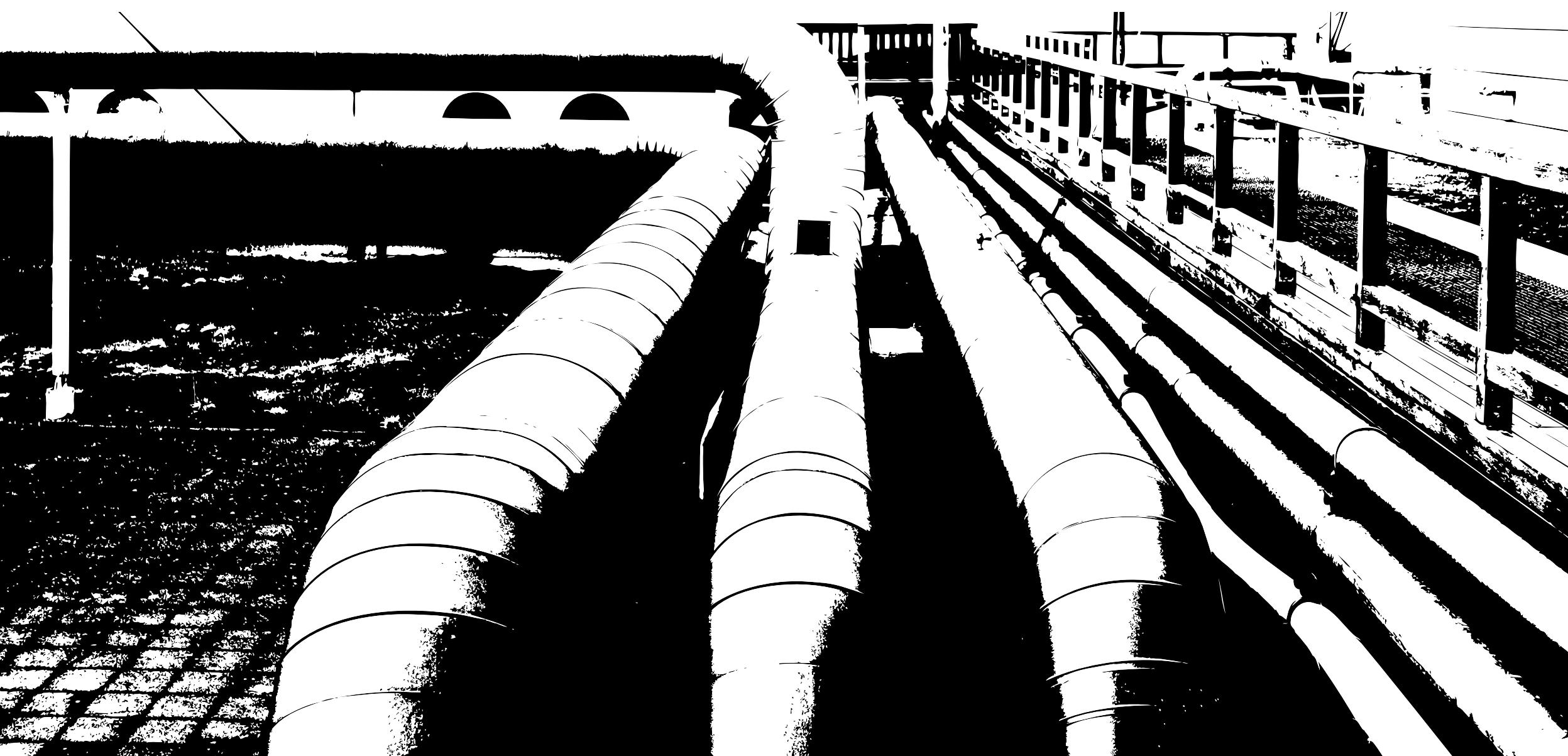
Varias plantas de generación nuevas serán construidas en los próximos años. Una planta en Yuzawa, en la Prefectura de Akita, al norte de Japón, tendrá capacidad de 60 MW. Debido a preocupaciones por el agua y conflictos con spas vecinos, en Japón hay un interés renovado en los sistemas geotérmicos mejorados. En estos sistemas el agua caliente sería inyectada en rocas calientes para crear vapor. Se proponen plantas de menor escala para áreas sensibles que provean energía para centros vacacionales locales, mientras que el agua caliente seguirá siendo utilizada como siempre, para el baño, para cultivar la siembra e incluso para criar cocodrilos.





Hatchubaru geothermal power station is built on a volcano. Everything at the station is computer controlled, although the process is checked and monitored in the central control room.

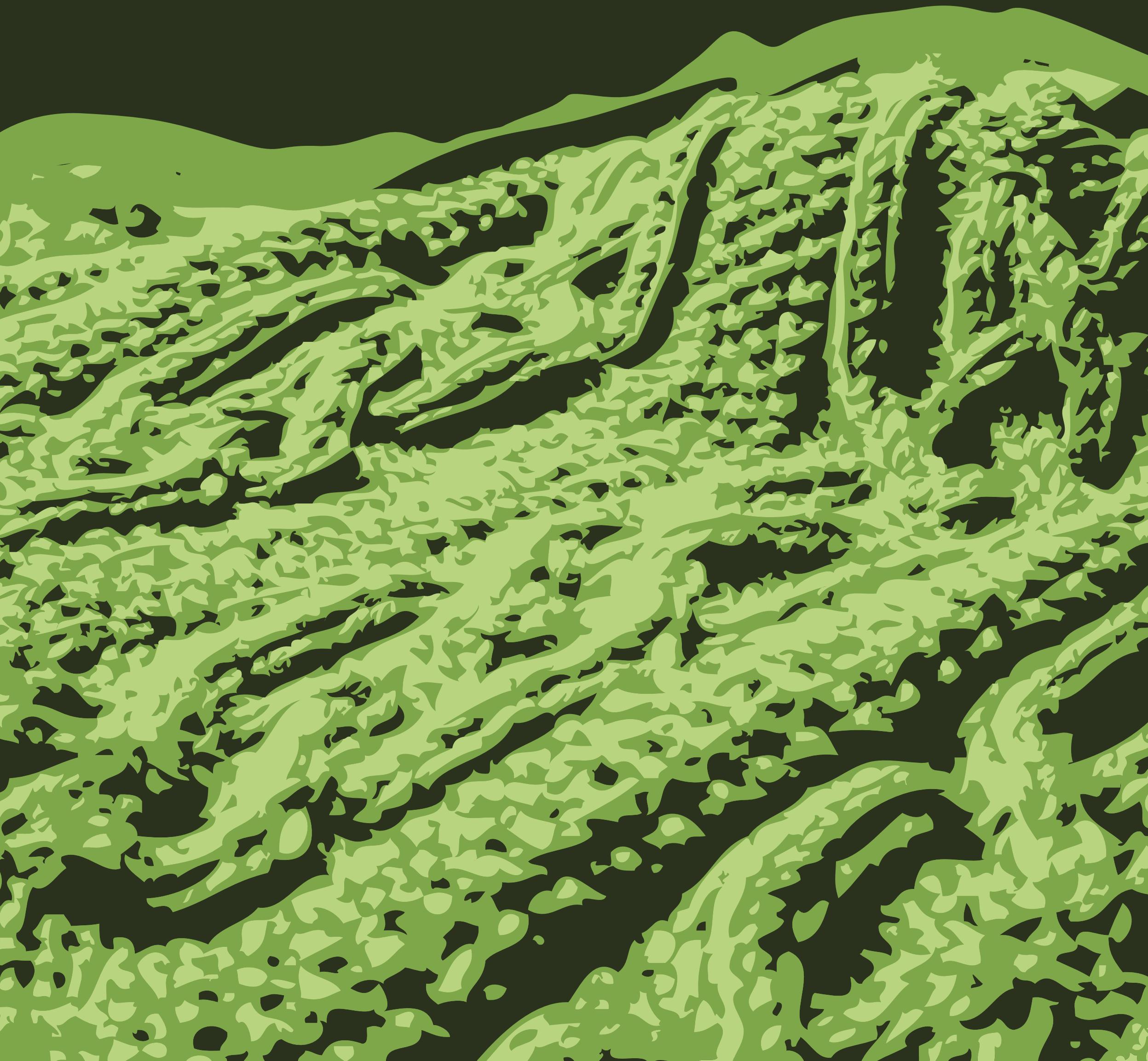






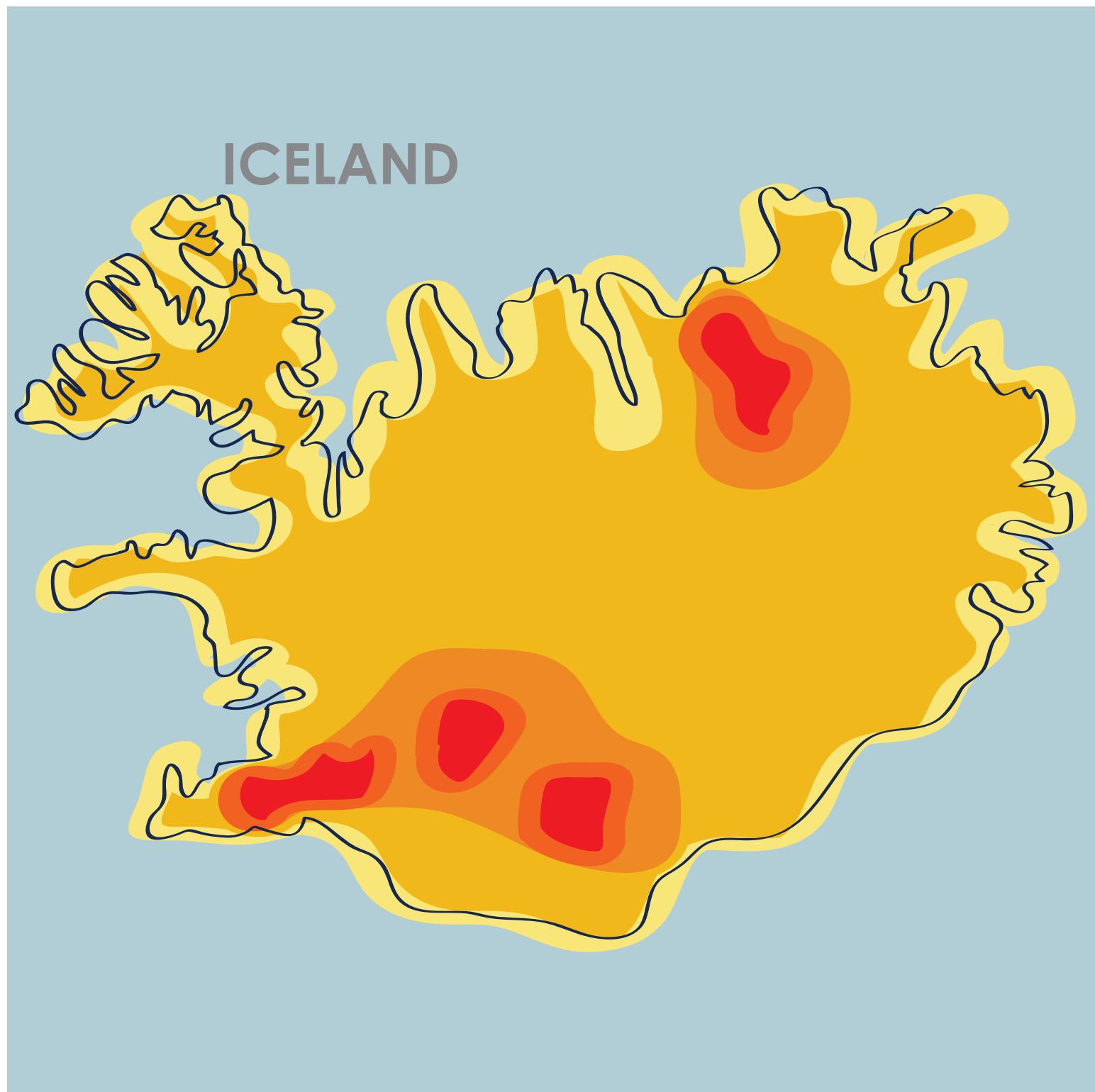
2号フラッシャー  
2次蒸気大気放出

← 2号フラッシャー熱水管









Country: Iceland

Ranking: 8th largest developer of geothermal energy in the world

Installed geothermal electric capacity: .5 gigawatts

Number of operating power plant units in the country: 24

Percentage of national electricity provided by geothermal energy: 26%

Percentage of national heating and hot water provided by geothermal: 87%

# ICELAND

The first hot water wells in Iceland were dug in 1756. In 1930, natural hot water was used for the first time to heat a building in Reykjavik, and the geothermal heating district in the capital grew quickly from there. Today, 52 wells supply Reykjavik and several neighboring communities with abundant 62-132° C water for space heating. Geothermal energy is also used to generate more than 400 MW of electricity. It supplies more than 62% of the country's total energy needs. Such things are possible when you live on top of an undersea volcano.

At most geothermal power plants, the waste geothermal fluid must be cooled before it can be re-injected or put to other use. Because geothermal power plants are often in remote areas, most of this heat energy goes to waste. However, we're finding creative ways to couple geothermal power generation with direct use of geothermal heat. This is called cogeneration. Once again, the Icelanders are leading the way in geothermal cogeneration. After all, they have the largest geothermal resources, and those enormous reserves are located near population centers. For example, the city of Reykjavik is heated directly by waste water from geothermal power plants.



Los primeros pozos de agua caliente en Islandia se perforaron en 1756. En 1930 se utilizó por primera vez agua caliente natural para calentar un edificio en Reykjavik. El distrito de calefacción geotérmica en la capital creció rápidamente. Hoy, 52 pozos proveen a Reykjavik y varias comunidades vecinas con abundante agua entre 62° y 132°C para calefacción. La energía geotérmica también se utiliza para generar más de 400 MW de electricidad. Provee más del 62% de las necesidades totales de energía del país. Tales hazañas son posibles cuando se vive sobre un volcán submarino.

En la mayoría de las plantas de generación geotérmicas, el fluido de generación debe ser enfriado antes de que pueda ser reinyectado o utilizado para otros fines. Puesto que las plantas de generación geotérmicas frecuentemente se localizan en áreas remotas, la mayor parte de esta energía calorífica se desperdicia; sin embargo, estamos encontrando maneras creativas para conjuntar la generación de electricidad geotérmica con el uso directo del calor geotérmico. A esto se le llama cogeneración. Aquí otra vez los islandeses llevan la delantera en innovación geotérmica. Después de todo, ellos tienen los recursos geotérmicos más grandes, y esas enormes reservas se localizan cerca de los centros de población.







Above: The Krafla geothermal power station was built upon a high temperature system in NE-Iceland near Lake Myvatn.

Opposite: Hveravellir (The Hot Spring Fields) located at the northern edge of the lava field Kjalhraun.



One of the most versatile uses of geothermal energy is the production of hydrogen fuel. This may be very beneficial to Icelanders, as it allows them to convert their geothermal energy into an exportable form of energy. The energy reserves there are enormous, -- recent deep-drilling on the island reached temperatures of 400° C. -- so the manufacturing of hydrogen fuel could make the country an important energy exporter.

During recent experimental drilling in Iceland, molten rock was encountered. Striking active magma in a geothermal borehole is extremely rare: it has happened only twice before – once in Iceland and once in Hawaii. It is difficult to measure the temperature of molten rock, but it is probably more than 1000° C. This gives some indication of the huge geothermal resources available to modern technology in Iceland. It also demonstrates that Icelanders are leading the way in developing so-called supercificial geothermal systems. These super-hot systems could supply up to ten times more energy per well than conventional systems.

The Nesjavellir power station operated by Orkuveita Reykjavíkur is located 20km from Reykjavík at 177m elevation. Geothermal drilling by a local landowner began in 1946 with hot water utilized for space heating. Reykjavík District Heating bought the site in 1964 and later made 22 boreholes from 1 to 2km deep with temperatures reaching 380°C. Construction of a heating plant began in early 1987 and was completed in 1990. By 1995, five new boreholes had been completed with hot water flows reaching 840l per second, or about 150 MWt. The first steam turbine was put online in 1998 and new holes were bored to support additional power generation. This is one of the largest single-site geothermal plants in the world and welcomes 15,000 visitors per year.

Photograph by Gretar Ivarsson and courtesy of Orkuveita Reykjavíkur



Uno de los usos más versátiles de la energía geotérmica es la producción de hidrógeno combustible. Esto puede ser muy benéfico para los islandeses, pues les permite convertir su energía geotérmica en una forma exportable de energía. Perforaciones profundas recientes en la isla alcanzaron temperaturas de 400°C. Las reservas de energía allí son enormes; la manufactura de combustible de hidrógeno podría convertir al país en un exportador importante de energía.

Durante una reciente perforación experimental en Islandia se encontró roca fundida. Encontrar magma activo en un agujero geotérmico es algo extremadamente raro. Únicamente ha sucedido en dos ocasiones: una en Islandia y otra en Hawái. Es difícil medir la temperatura de la roca fundida, pero probablemente sea mayor a 1000°C. Esto nos da idea de los enormes recursos geotérmicos disponibles para la tecnología moderna en Islandia. También demuestra que los islandeses lideran en el desarrollo de los llamados sistemas geotérmicos superficiales. Estos sistemas súper calientes podrían proveer hasta diez veces más energía por pozo que los sistemas convencionales.





Iceland is a leader in cogeneration, which means re-using hot water and steam for both electricity and other heating uses. In addition to space heating, geothermal energy has traditionally been used for soil warming, for heating greenhouses, and for drying fish, but now it is also being used to dry diatomite, seaweed, and salt. It is also being used to produce hydrogen fuel and liquid carbon dioxide. Natural hot water heats about 130 swimming pools across the country, and it is used extensively to keep sidewalks and parking lots free of ice. Smaller uses include wool washing, cement curing, and baking. Many other uses are being found, many having to do with the important fishing and aluminum industries.



Islandia es un líder en cogeneración, lo que significa reutilizar agua caliente y vapor tanto para electricidad como otros usos de calefacción. Además de calentar espacios, la energía geotérmica tradicionalmente ha sido utilizada para calentar el suelo e invernaderos, y para secar pescado. Ahora también se usa para secar diatomita, algas marinas y sal. También se está utilizando para producir hidrógeno y CO<sub>2</sub> líquido. El agua hirviendo natural calienta aproximadamente 130 albercas en todo el país y su uso es extenso para mantener las aceras y los estacionamientos libres de hielo. Otros usos menores incluyen lavado de lana, curado de cemento y horneado. Se están encontrando muchos otros usos, mayormente relacionados con las dos industrias más importantes del país: la pesquera y la del aluminio.



Iceland is built almost exclusively of volcanic rocks, predominantly basalts. Silicic and intermediate rocks - rhyolites, dacites and andesites - constitute about 10% and sediments another 10%.





The geothermal plant in Svartsengi started production in 1976 and was the first facility in Iceland to combine electricity production with utilization of the resulting hot water for domestic heating. The plant, situated in the south-west of the country on the Reykjanes peninsula, was built in five stages.

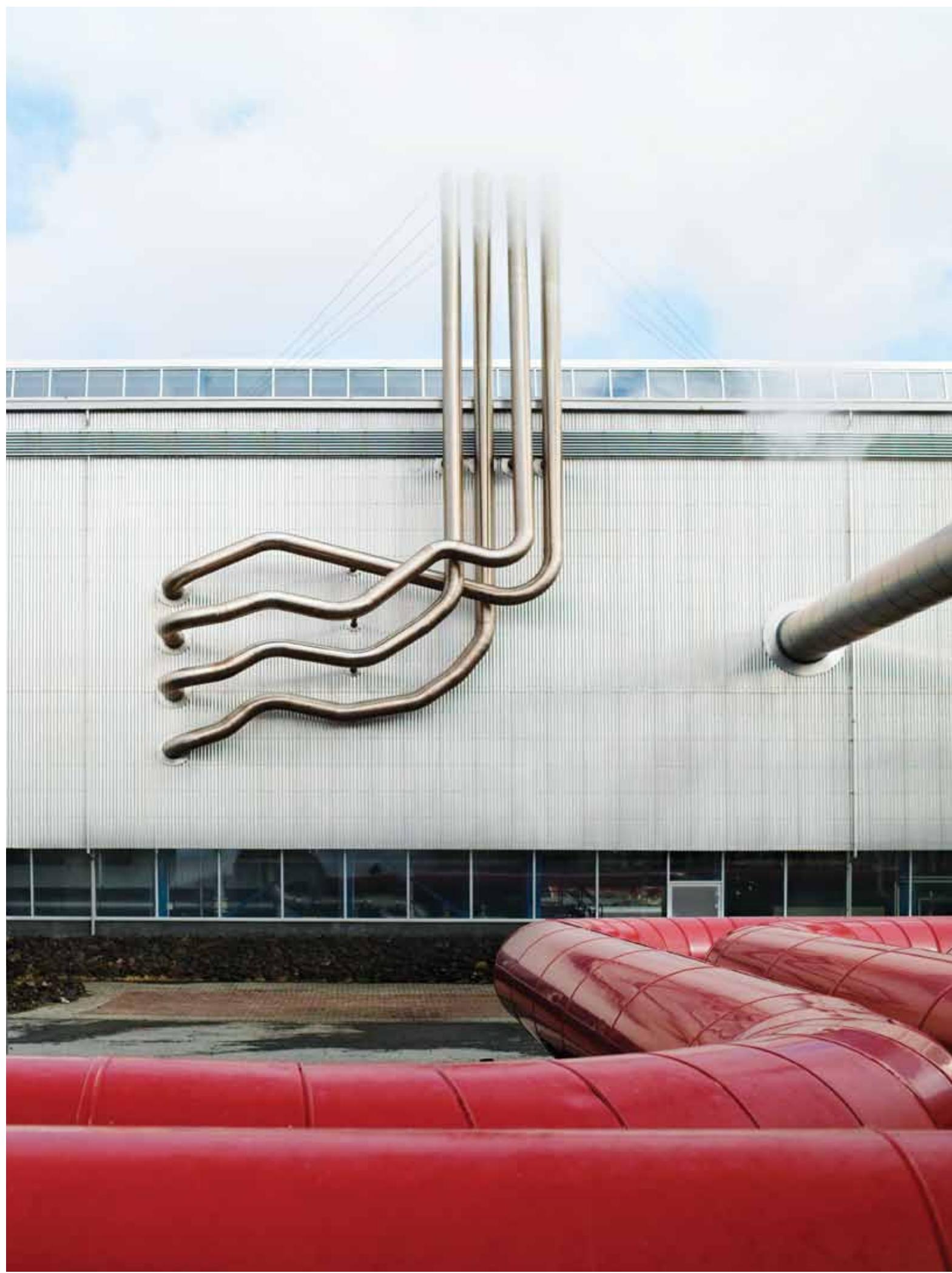
The most significant stage was completed in 1999 with the anticipated inauguration of a 30 MW turbine. As of December 2007 it produces 76.5 MW of electricity, and about 475 litres/second of 90 °C hot water. The total capacity of the site is currently 45 MW with an ongoing expansion project. Surplus mineral rich water from the plant fills up a nearby lake and popular tourist bathing resort Bláa Lónið (Blue Lagoon).



La planta geotérmica de Svartsengi empezó su producción en 1976; fue la primera en Islandia en combinar producción de electricidad y en usar el agua caliente sobrante para la calefacción de hogares. La planta, situada al suroeste del país, en la península de Reykjanes, fue construida en cinco etapas.

La etapa más significativa fue completada en 1999 con la inauguración de una turbina de 30 MW y 240 litros/segundo de agua caliente para la calefacción doméstica. En diciembre del 2007 la planta producía 76.5 MW de electricidad y alrededor de 475 litros/segundo a 90°C de agua caliente (ca. 80 MW). La capacidad total del sitio actualmente es de 45 MW, con un proyecto actual de expansión para generar 30 MW adicionales. Sobrantes de agua rica en minerales de la planta llenan un lago cercano y un popular balneario turístico llamado Bláa Lónið Resort (Laguna Azul).



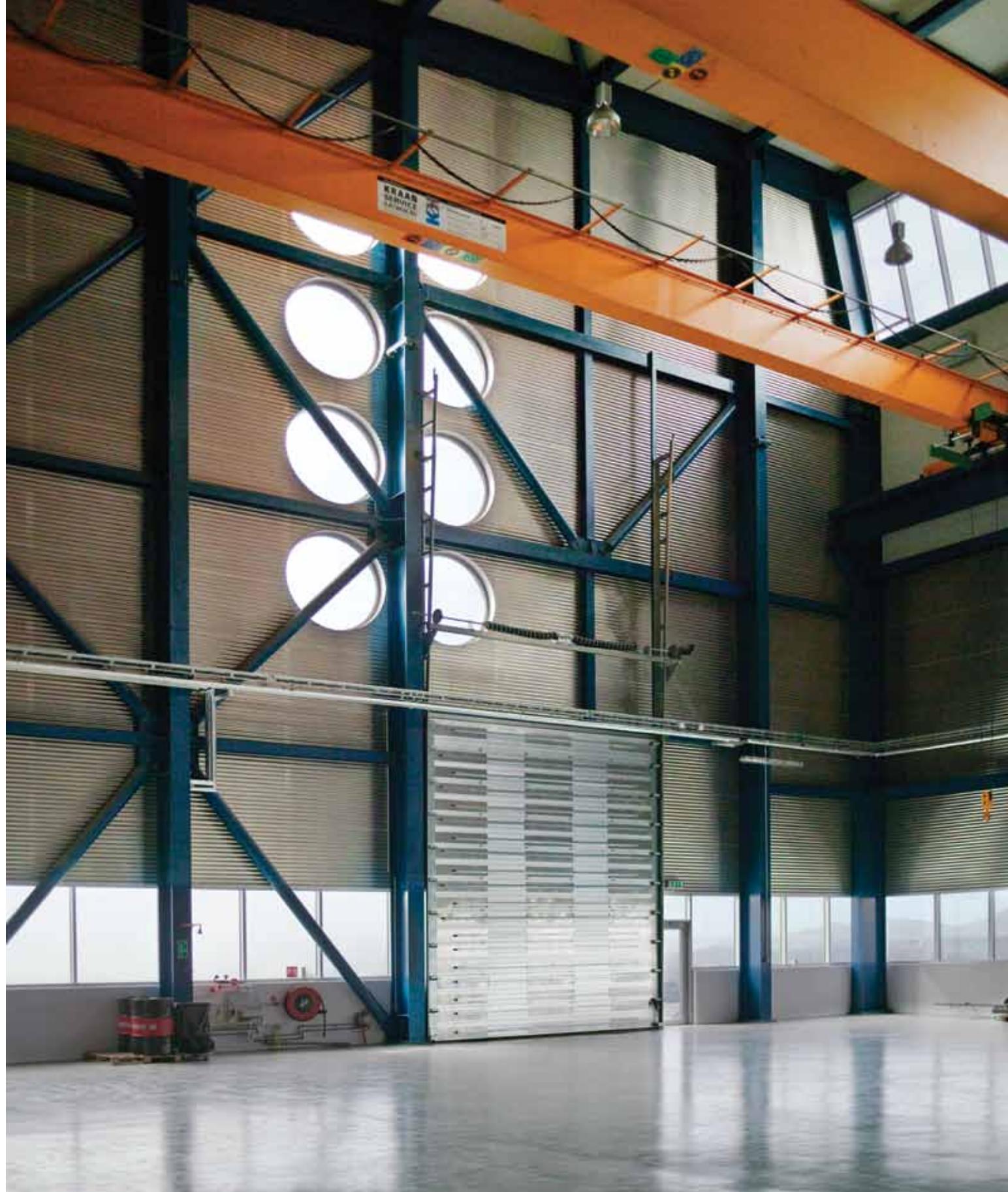


These pages: Scenes from the Svartsengi Geothermal Power-Plant, situated on the Reykjanes peninsula.









Iceland has suffered more than most developed countries in the recent economic downturn. This mostly happened because banks invested heavily in renewable energy projects overseas. Nevertheless, Icelanders still see geothermal energy as an important asset. Some believe it is the one thing that can pull the country out of its economic slump. The key to this will lie in how geothermal energy can be exported. The expertise of Icelandic geothermal specialists can be exported, of course. These experts are working on geothermal projects throughout the world. But the energy itself can also be exported, by converting it into products such as hydrogen.



Islandia ha sufrido más que la mayoría de los países desarrollados en la reciente desaceleración económica. Esto ha sucedido mayormente porque los bancos invirtieron demasiado en proyectos de energía renovable en el exterior. Sin embargo, los islandeses aún ven a la energía geotérmica como un recurso importante. Algunos especialistas creen que es lo único que podrá sacar al país de sus problemas económicos. La clave radicará en cómo exportar la energía geotérmica. La experiencia ciertamente puede ser exportada y especialistas de Islandia están trabajando en proyectos geotérmicos en todo el mundo. La energía por sí misma también puede ser exportada al convertirla en un producto como el hidrógeno.





## EXCLUSIVE INTERVIEW

Mr. Guðmundur Omar Frioleifsson  
Chief Geologist at Hitaveita Sudurnesja HF  
Reykjanesbaer, Iceland

"Here in Iceland the policy is simple. Each calorie you take out from the earth, use it. Don't waste it. Right now, we're still putting 60-70° C waste water into the ocean. That is very warm. What we'd like to do in the near future is cultivate this excess water into a green product. We could use the algae found in this water and process it for different uses; we could use specific biological matter to feed the fish, then eat the fish; we could make fish meal and use that to feed something else, and so on. We will eventually use all the calories we extract."

We also want to further develop the use of the chemicals found in geothermal water. For example, in the Blue Lagoon, a popular bathing spot here in Iceland, they have a high level of silica, which is a problem in some places and a benefit in others. Here we use it for skin care and cosmetics. We have not yet started this kind of development here, at HS Orka at Svartsengi, but it is coming soon.

At the moment we are working with an international company to capture CO<sub>2</sub> and use electricity to produce methanol. Methanol can be mixed with gasoline and used in the transportation industry. This will help provide conventional fuel until car technology can be transformed. This means that we can even use geothermal energy to produce hydrocarbon fuel!"

Almost 90% of the people in our country heat their homes with geothermal energy. We don't like to use coal and oil anymore. We use the steam for electricity and the hot brine for heating. We produce 100 MW of electricity but our capacity is closer to 200. We supply the aluminum plants with electricity too. We have a lot of aluminum production here, it's a very important industry in Iceland.

We work with the local communities and various environmental agencies to plan when and where to build the power plants. We will build three new plants soon -- 50 MW each, but right now we only have a research permit, so we are drilling test holes. Then we will get the building permits and we will have some new plants very soon. We are all very excited about geothermal energy here in Iceland. It is one of our greatest contributions to the world – like the Althing and the sagas."



"Aquí en Islandia la política es simple. Utiliza cada caloría que saques de la Tierra, no la desperdices. Hasta ahora seguimos vertiendo agua de desperdicio a 60 o 70°C en el océano; eso es demasiado. Lo que quisiéramos hacer en el futuro cercano es convertir el agua sobrante en un producto verde. Podríamos utilizar las algas del agua y procesarlas para usos diferentes. Podríamos aprovechar la materia biológica específica para alimentar a los peces y después comerlos. Podríamos producir alimento de pescado y usarlo para alimentar a otra especie, y así sucesivamente. Eventualmente usaremos todas las calorías extraídas."

También queremos desarrollar más el uso de los químicos que se encuentran en el agua geotérmica. Por ejemplo, en el Blue Lagoon, un balneario popular en Islandia, tienen un alto nivel de sílice; éste es un problema en algunos lugares y un beneficio en otros. Aquí lo utilizamos para el cuidado de la piel y en cosméticos, no hemos empezado este tipo de desarrollo aquí en HS Orka en Svartsengi, pero pronto llegará.

Estamos trabajando con una compañía internacional para captar CO<sub>2</sub> y utilizar electricidad para producir metanol, el cual puede ser mezclado con gasolina para ser usado en la industria del transporte. Esto ayudará a proveer combustible convencional hasta que la tecnología automotriz se pueda transformar, así que incluso podremos utilizar la energía geotérmica para producir hidrocarburos.

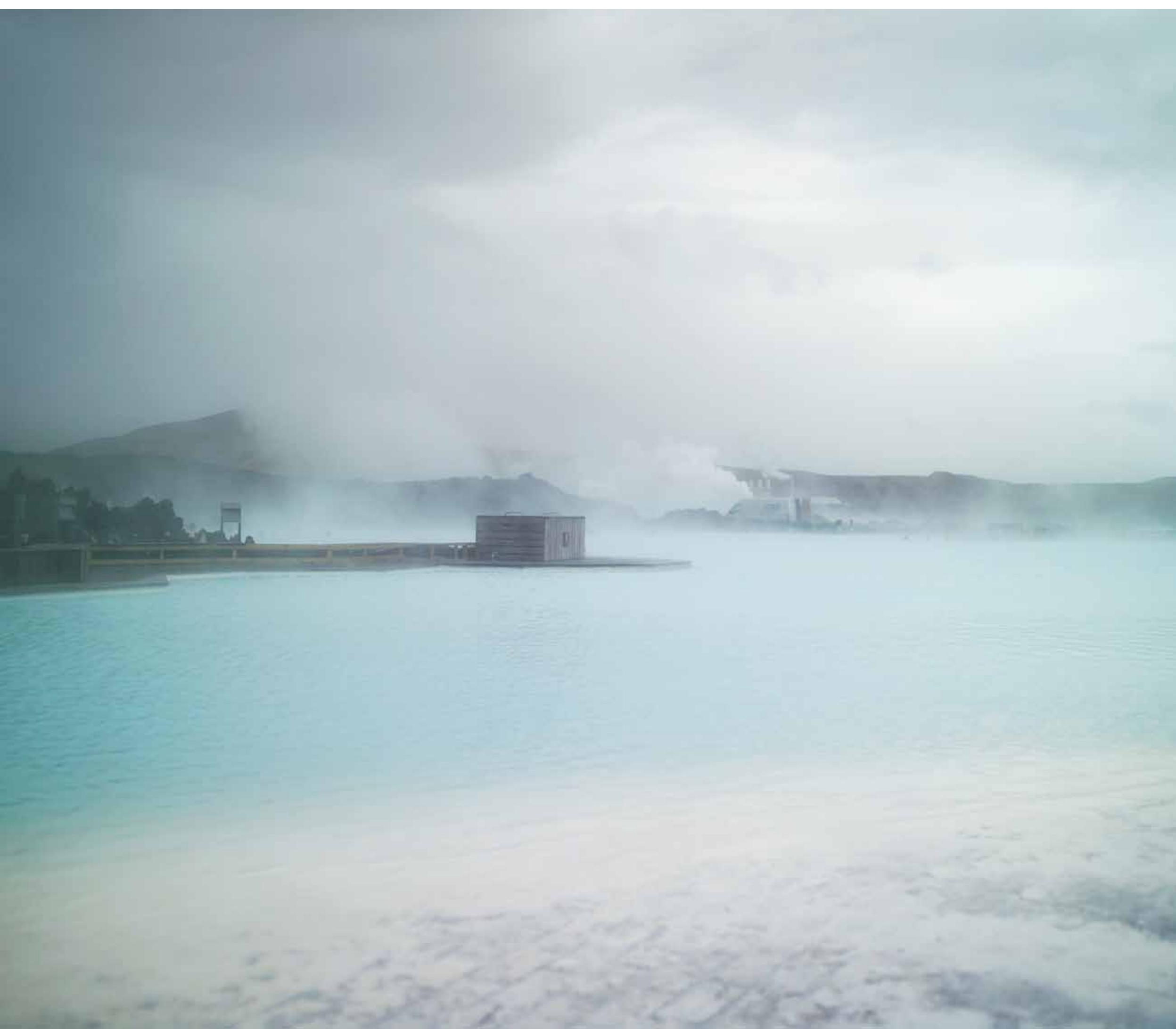
Casi 90% de la gente de nuestro país calienta sus casas con energía geotérmica, ya no nos gusta utilizar carbón o petróleo. Utilizamos el vapor para generar electricidad y la salmuera caliente para calefacción. Producimos 100 MW de electricidad, pero nuestra capacidad es más cercana a los 200. Proveemos también de electricidad a las plantas de aluminio; tenemos una gran producción de aluminio aquí. Es una industria muy importante en Islandia.

Trabajamos con las comunidades locales y varias agencias ambientales para planear cuándo y dónde construir las plantas generadoras. Pronto construiremos tres nuevas plantas de 50 MW cada una. Por ahora sólo tenemos un permiso de investigación, así que solamente estamos perforando hoyos exploratorios; una vez que consigamos los permisos de construcción, tendremos plantas nuevas pronto. Estamos muy emocionados con la energía geotérmica aquí en Islandia, es una de nuestras grandes contribuciones al mundo, como el Althing y las sagas".

Opposite: Cod fish dried with geothermal steam is exported to Nigeria

Above: Guðmundur Omar Frioleifsson

The famous Blue Lagoon Spa was created by accident, when waste water escaped from a geothermal project and created a pool. Locals discovered that the water was not only pleasant to bathe in, but was also very beneficial to the skin. The Icelanders wisely developed a spa in the location which has become one of the most popular health resorts in the world.





El famoso spa Blue Lagoon se creó por accidente cuando el agua de desperdicio se escapó de un proyecto geotérmico y formó una charca. Los pobladores descubrieron que el agua no solamente era agradable para bañarse, sino que era muy beneficiosa para la piel. Los islandeses sabiamente desarrollaron un spa en la localidad que se ha convertido en uno de los más populares centros de salud del mundo.

## CHAPTER 4 THE FUTURE OF GEOTHERMAL ENERGY

potential is vast. Even at relatively shallow depths, the Earth contains many thousands of times the energy we will ever use. That's exciting. Even more exciting is the explosion of geothermal development going on right now, all over the world. Even if every one of the thousands of proposed projects is successful over the next few years, we will have still only scratched the surface of what might be done. Even if geothermal development continues to accelerate over the next several decades, we will have only just begun.

Geothermal development was burgeoning in the 1980s. This fell off in the 1990s as oil and gas became temporarily cheaper. Development began to accelerate again this decade, as the need for alternative sources of energy again became apparent. The current recession slowed short-term development, but it has spurred long-term development. Projects are not being canceled, but postponed – and often enlarged. Every country in the world recognizes the need for clean, home-grown energy, and, because development is accelerating in spite of the economic downturn, many experts believe the trend is permanent. We have turned the corner. Geothermal energy is no longer speculative, but mainstream. The future is now.

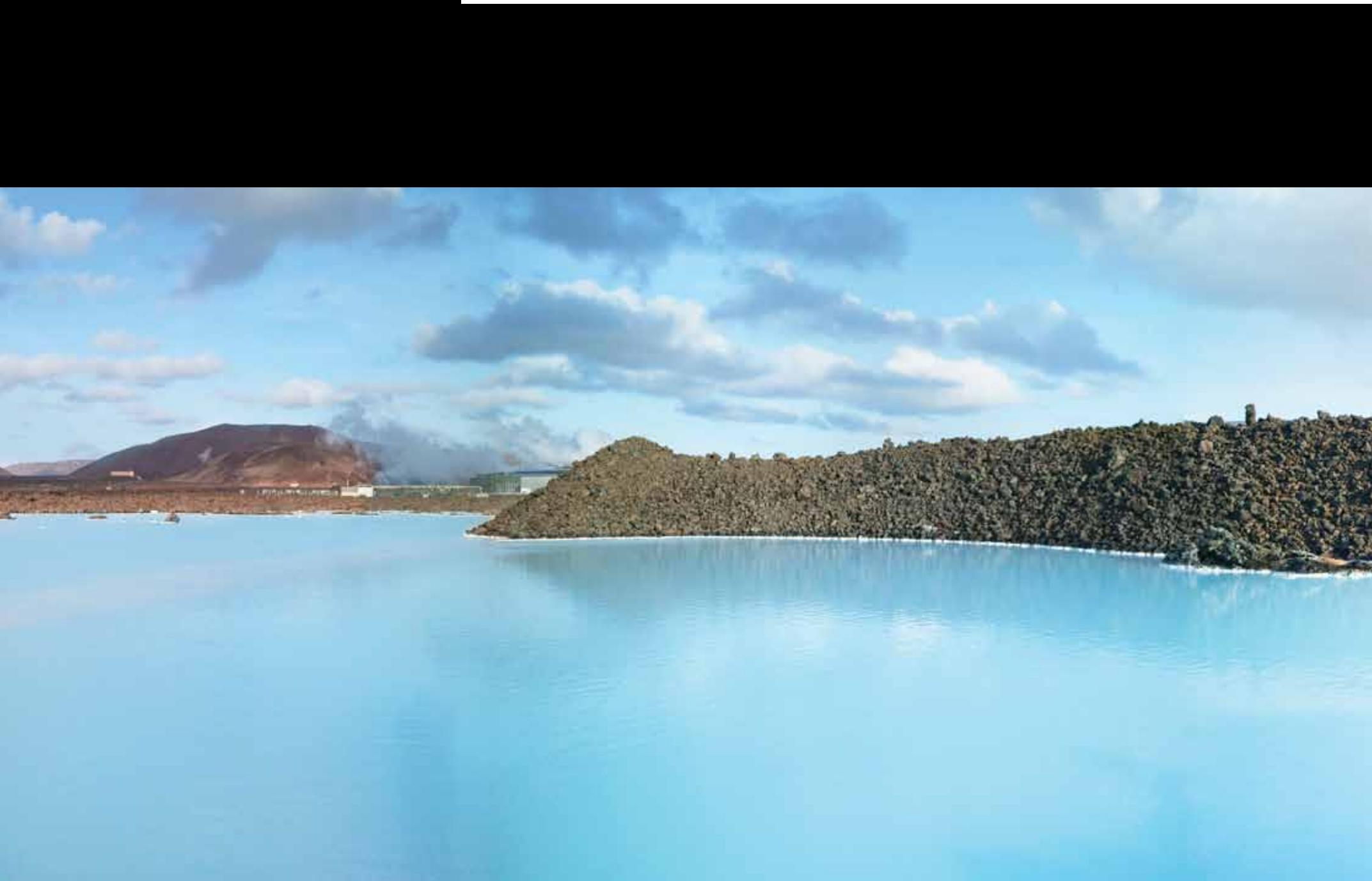
The International Geothermal Association confirms that geothermal is booming. How big is the boom? So big it is hard to estimate, because new projects are being launched every day, both large and small. In fact, some of the estimated power capacity in this book may be obsolete by the time you read it. Many experts estimate that 45 to 50 countries are using geothermal energy today or will use it within the next year or two. But if you count geothermal heat pumps, you can say that geothermal energy is being used in almost every country on Earth. Dozens or even hundreds of projects are being planned in each country that is considered a leader in geothermal development. Even Germany, which opened its first geothermal plant in 2003, is now planning more than 100 new plants in the next few years.



Como hemos visto, el potencial geotérmico del mundo es vasto. Aun a poca profundidad, la Tierra contiene muchas miles de veces más energía de la que jamás utilizaremos. Eso es emocionante. Pero aún más emocionante es la explosión del desarrollo geotérmico presente en todo el mundo. Aun si cada uno de los miles de proyectos propuestos fuera exitoso en los próximos años, únicamente habríamos rasguñado la superficie de lo que se puede lograr. Incluso si el desarrollo geotérmico continúa acelerándose en las próximas décadas, apenas habríamos comenzado.

El desarrollo geotérmico florecía en la década de 1980; sin embargo, decayó en los noventa cuando el petróleo y el gas redujeron sus precios temporalmente. El desarrollo se comenzó a acelerar una vez más en el 2000, cuando una vez más se hizo evidente la necesidad de desarrollar fuentes alternativas de energía. La recesión actual frenó el desarrollo a corto plazo, pero ha alentado el de largo plazo. No se han cancelado proyectos, se han pospuesto y, frecuentemente, se han agrandado. Cada país en el mundo reconoce la necesidad de tener energía limpia obtenida localmente; en vista de que el desarrollo se acelera a pesar de los problemas económicos, muchos expertos creen que esta tendencia es permanente. Hemos girado. La energía geotérmica ya no es especulativa, es una energía principal. El futuro es ahora.

La Asociación Geotérmica Internacional confirma que la geotermia está en boga. ¿Qué tan grande es este auge? Tan grande que es difícil estimar por qué cada día despegan proyectos nuevos, grandes y pequeños. De hecho, la capacidad estimada de potencia en este libro podría ser obsoleta para cuando la lea. Muchos expertos estiman que entre 45 y 50 países están utilizando energía geotérmica hoy o la utilizarán dentro de un año o dos. Pero si cuenta las bombas de calor, se podría decir que la energía geotérmica está siendo utilizada en prácticamente todos los países del mundo. Cientos de proyectos se están planeando en cada país que se considera un líder. Aun Alemania, que abrió su propia planta geotérmica en 2003, ahora planea más de 100 plantas nuevas en los próximos años.

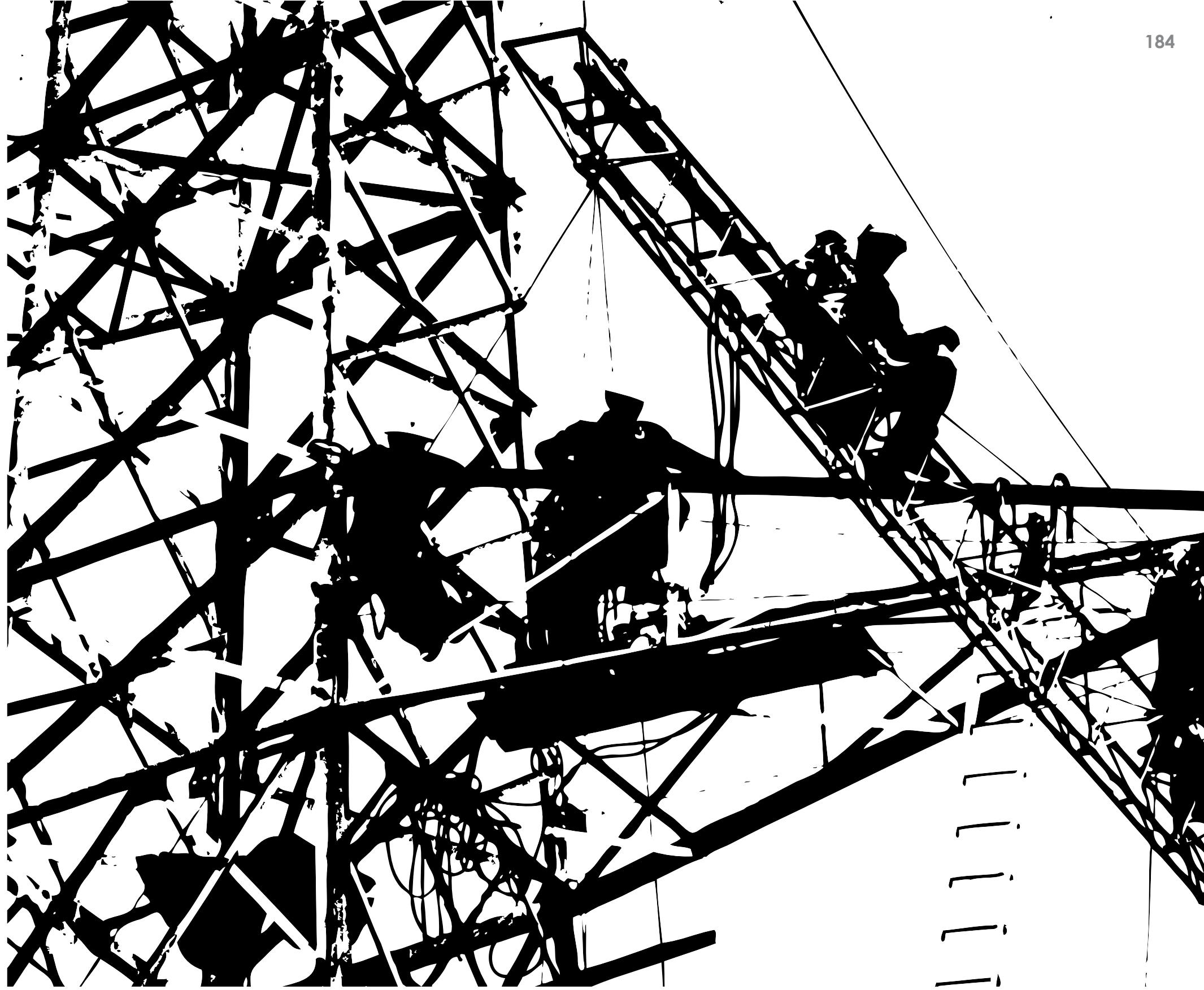


There are still many challenges ahead. Geothermal energy can be expensive. The temperatures are sometimes not as high as we want them to be. At power plants, the heat from used geothermal fluids is sometimes wasted. Geothermal systems tend to be remote, and far from urban centers. Sometimes there's not enough water in them, or water can't move though them. And there are usually environmental problems to work out.

We are making progress on all fronts. To contain costs, we are getting better at drilling wells, and in some areas we can re-use oil wells and equipment. More and more greenhouses, spas, and manufacturing plants are being incorporated to geothermal power plants in order to make the most of waste heat, and we are finding ways to use lower temperature resources. Binary plants, such as the Kalina systems being developed by the Germans, are being refined for this purpose. Geothermal heat pumps that efficiently capture and transfer very low temperature heat are being used everywhere. In Europe, for example, hundreds of thousands of heat pumps are now installed every year. The U. S. government has set a goal 7 million heat pumps to be installed in the country by next year.

We are solving problems of remoteness in a variety of creative ways. Where it's too expensive to put in electrical transmission lines, smaller plants are installed to serve the local population. Or the heat is used to create an energy source that can be transported hydrogen fuel, ethanol, or even vegetables, for example. Where geothermal systems are too dry or too tight, fluid is injected to fracture them. These enhanced systems are turning out to be the largest challenge, however. We have a lot to learn about how to control fracturing and avoid contamination.





Hay muchos retos por delante; la energía geotérmica puede ser cara; las temperaturas a veces no son tan altas como quisiéramos. En las plantas generadoras, el calor de fluidos geotérmicos utilizados es frecuentemente desperdiciado. Los sistemas geotérmicos tienden a ser remotos y lejanos de los centros urbanos. A veces no hay suficiente agua en ellos o el agua no se puede mover a través de ellos, y luego, por lo regular, hay problemas ambientales que resolver.

Estamos progresando en todos los frentes. Para reducir costos estamos mejorando nuestra capacidad de perforar pozos y en algunas áreas podemos reutilizar pozos y equipos petroleros. Más y más invernaderos y plantas manufactureras se están incorporando a plantas de generación geotérmica para obtener el mayor beneficio del calor de desperdicio, y estamos encontrando la manera de utilizar recursos con temperaturas más bajas. Plantas binarias tales como los sistemas Kalina, que están desarrollando los alemanes, se están refinando con este propósito. Las bombas de calor geotérmico que eficientemente capturan y transfieren muy baja temperatura se están usando en todas partes. Por ejemplo, en Europa cientos de miles de estas bombas de calor se instalan cada año. El gobierno de Estados Unidos se ha fijado una meta de 7 millones de estas bombas instaladas en el país para el próximo año.

Estamos resolviendo los problemas de distancia de maneras muy variadas. En lugares donde es muy caro poner líneas de transmisión eléctrica, instalamos plantas más pequeñas para servir a la localidad, o el calor es utilizado para crear una fuente de energía que pueda ser transportada: hidrógeno, etanol o incluso vegetales. Donde los sistemas geotérmicos son muy secos o muy apretados estamos inyectando fluidos para fracturarlo. Estos sistemas mejorados están resultando ser el más grande reto. Tenemos mucho que aprender acerca de cómo controlar las fracturas y evitar la contaminación.



Titanic expressions of the restless Earth -- volcanoes, earthquakes, and tsunamis -- remain. They are related to geothermal energy in complex ways we are just beginning to understand. It's possible that geothermal development puts people in danger from the wrath of Pele, the volcano goddess. After all, geothermal workers come to volcanic areas that might normally be uninhabited, and we know that careless geothermal development can trigger minor earthquakes. But it's also possible that tapping into natural heat may help to soothe Pele. We might actually avert catastrophes by releasing subsurface pressure in a controlled way. We don't know if that's possible yet. And it will be decades before we do know. But it's exciting to think about.

Environmental concerns are being addressed with new technologies, and with new policies. Local people are more often brought into the decision-making process, making everyone happier with the final results. Often the most successful projects have many parts -- a power plant combined with a spa, such as at the Blue Lagoon in Iceland, for example. Or a power plant combined with a plantation and an ethanol plant, as at Sulawesi, in Indonesia. These clustered projects lead to more creative and cooperative geothermal energy solutions.

The geothermal power being produced in the world today is roughly equivalent to 25 traditional coal-fired plants. That's a lot, but it's still less than 1% of the world's power. Experts at the Massachusetts Institute of Technology (U. S.) contend it could supply as much as 20 percent within the next few decades, and they estimate that \$1 billion (U. S. dollars) invested in geothermal research and development over 15 years could lead to 100 GW of electrical capacity by 2050. This is roughly the cost of just one coal-fired power plant.



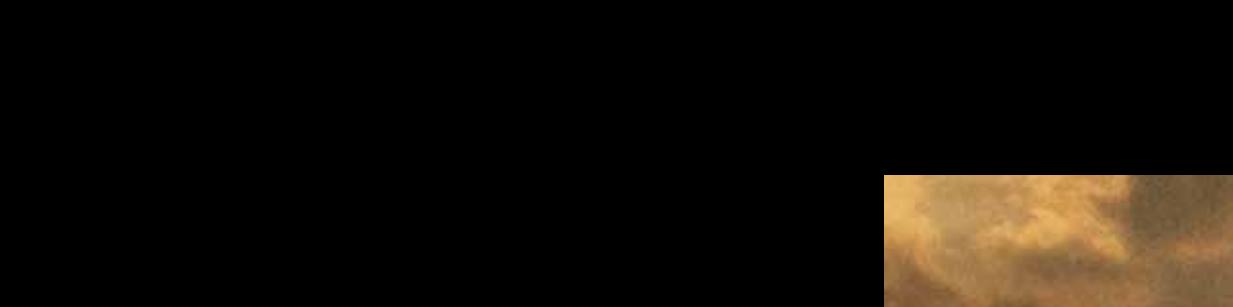
Above: Grand Prismatic at Yellowstone  
Left: The Blue Lagoon Spa  
Right: Caves in Mexico



Las preocupaciones ambientales se están resolviendo con nuevas tecnologías y nuevas políticas. La gente de las localidades está siendo frecuentemente llamada al proceso de toma de decisiones, lo cual hace a todos más felices con los resultados finales. Frecuentemente los proyectos más exitosos tienen muchas partes, una planta generadora combinada con un spa, como en el caso del Blue Lagoon de Islandia, o una planta generadora combinada con una plantación y una planta de etanol, como en Indonesia. Estos proyectos aglomerados llevan a soluciones energéticas geotérmicas más creativas y cooperativas.

La energía geotérmica que se produce en el mundo hoy es equivalente a 25 plantas tradicionales de carbón. Eso es mucho pero aún es menos del 1% de la potencia mundial. Sin embargo, los expertos del Instituto de Tecnología de Massachusetts dicen que podría proveer tanto como el 20% en las próximas décadas. Estiman que hasta un billón de dólares que se inviertan en investigación y desarrollo geotérmicos en los próximos 15 años, podrían llevar a 100 GW de capacidad eléctrica para el año 2050. Esto es aproximadamente el costo de una sola planta generadora operada con carbón.





The primary advantage of geothermal energy over alternative green energy sources, such as solar or wind, is that it produces reliable power twenty-four hours a day, seven days a week. So it's often the best choice in developing countries, which need uninterrupted power. Many new creative cooperatives are springing up to help isolated cultures tap into geothermal energy. For example, the International Partnership for Energy Development in Island Nations (EDIN) recently announced that three partner nations -- Iceland, New Zealand and the USA -- are assessing geothermal resources on islands in the Caribbean and the South Pacific. The United Nations Geothermal Training Program is supporting this effort by offering training courses to qualified candidates from island nations. So we can expect that clean, reliable geothermal power will soon be produced on many more islands throughout the world.

Every day, someone finds an exciting new way to use Earth heat. For example, geothermal steam is being used by Icelanders to grow human tissues, which they use for medical experimentation and vaccine development. Some scientists in the United States are working to develop super-nutrients from microbes found in hot springs. What else can you think of to do with geothermal energy? What if we build university laboratories within geothermal power plants, so new and potentially profitable microbes can be more easily discovered? What if we use the heat to manufacture hydrogen fuel all over the world? What if we use the heat to grow enough food to feed everyone on the planet?

The possibilities are as great and varied as the Earth itself.

Above: Cerro Prieto Field, Mexico

Top Right: Geothermal plant in Iceland

Opposite: Sunset in the Philippines

La principal ventaja que tiene la energía geotérmica sobre fuentes alternativas de energía verde, como la solar o la eólica, es que produce energía confiable 24 horas al día, los 7 días de la semana, por lo que frecuentemente es la mejor elección para países en desarrollo, lo cuales necesitan electricidad ininterrumpida. Muchas cooperativas innovadoras están surgiendo para auxiliar a culturas aisladas a conectarse a la energía geotérmica. Por ejemplo, la International Partnership for Energy Development in Island Nations (EDIN) recientemente anunció que tres de sus naciones miembros, Nueva Zelanda, Islandia y Estados Unidos, están evaluando recursos geotérmicos de islas del Caribe y del Pacífico del Sur. El Programa de Adiestramiento de las Naciones Unidas apoya este esfuerzo ofreciendo cursos de capacitación a candidatos calificados de naciones isleñas. Podemos esperar que pronto se produzca en muchas más islas por todo el mundo electricidad limpia, renovable y generada por fuentes geotérmicas.

Cada día alguien encuentra una forma nueva y emocionante de utilizar el calor de la Tierra. Por ejemplo, el vapor geotérmico se utiliza por los islandeses para la generación de tejido humano, el cual es utilizado para experimentos médicos y para el desarrollo de vacunas. Algunos científicos en Estados Unidos están trabajando para desarrollar súper nutrientes a partir de los microbios que se encuentran en charcas termales. ¿Qué más se le ocurre que podríamos hacer con la energía geotérmica? ¿Y si desarrolláramos laboratorios universitarios dentro de las instalaciones de las plantas generadoras geotérmicas para que microbios potencialmente rentables puedan ser descubiertos más fácilmente? ¿Y si utilizáramos el calor para manufacturar hidrógeno en todo el mundo? ¿Y si utilizáramos el calor para cultivar suficientes alimentos para todos los habitantes del planeta?

Las posibilidades son tantas y tan variadas como el planeta mismo.







