

# POSIBILIDADES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EN BASE AL POTENCIAL GEOTERMICO DE LA PENÍNSULA DE SANTA ELENA

Ing. Hernán E. Poveda Z.

Director Ejecutivo del Centro de Transferencia y Desarrollo de Tecnologías de la  
UPSE

Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE)  
Campus La Libertad, vía principal Santa Elena – La Libertad  
La Libertad-Ecuador

Hpovedaz\_910@yahoo.com, hpoveda@porta.blacberry.com

## Resumen

La demanda siempre creciente de energía limpia y barata, motiva al uso de las tecnologías modernas para aprovechar la energía de la naturaleza en beneficio del Suma Causay.

La racionalización del uso de la electricidad, y los combustibles fósiles, ha motivado el cambio del patrón energético del Ecuador conduciendo al uso intensivo de nuevas fuentes de generación, a la producción de combustibles bajo especificaciones más estrictas, que los hagan más limpios, más eficientes, más económicos y más amigables con el ambiente.

Este cambio nos motiva a buscar nuevas alternativas de generación poco exploradas, que, con el uso de tecnologías apropiadas, puedan ofrecer un nuevo marco de desarrollo de la energía eléctrica.

La Geotermia es una ciencia que, estudia la energía interna de la tierra, las anomalías térmicas que se manifiestan como puntos calientes con emanaciones hidrotermales.

En este estudio, proponemos la posibilidad de utilizar esta energía natural para transformarla en electricidad. Aprovechando las condiciones de algunos de los afloramientos de manantiales de agua caliente y volcanes de lodo que existen en la provincia. Para lo cual hemos propuesto al Instituto Austriaco de tecnología, su asesoría y asistencia para proponer un proyecto al ministerio de electrificación y energías renovables

*Suma Causay, Energía de la naturaleza, Tecnologías Actuales, Puntos calientes, Volcanes de Lodo, Geotermia, energía alternativa*

## Abstract

The ever-growing demand for clean, cheap energy motivates the use of modern technologies to take advantage of the energy of nature for the benefit of the Suma Causay.

The rationalization of the use of electricity and fossil fuels, has motivated the change of the energy pattern of the Ecuador leading to the intensive use of new sources of generation, the production of fuels under more strict specifications, make them more clean, more efficient, more economic and more environmentally friendly.

This change motivates us to search for new unexplored alternatives of Little-explored generation; that whit appropriate technologies use; can offer a new framework for development of electric energy.

Geothermal is a science that studies the internal energy of the Earth, thermal anomalies manifested as hot spots with hydrothermal emanations.

In this study, we propose the possibility of using this natural energy to transform it into electricity. We can take advantage of the conditions of some of hot springs outcrops and mud volcanoes that exist in the province. For this reason we have proposed to the Technology Austrian Institute, his advice and assistance to propose a project to the Ministry of electrification and renewable energy

Keyword: I

Sum Causay, Natural Energy, current technologies, hot spots, mud volcanoes, Geothermic, alternative energy.

## 1. Introducción

El propósito de este artículo es el de resaltar la necesidad de investigar sobre la Geotermia, como una nueva fuente de generación de energía como un aporte a la búsqueda de la soberanía energética del país. El perfil de la demanda de consumo de la energía mundial frente a la oferta de combustibles, nos conduce a resaltar que, estamos ingresando a la era de los combustibles gaseosos, sin embargo de lo cual, los combustibles fósiles sólidos (carbón, madera, mosta, Etc.) y los líquidos, (naftas, diesel, bunker, etc.) Seguirán utilizados por las fuentes de la producción por más de cincuenta años.

La geotermia, es una fuente de energía natural, que aprovecha el calor interno de la tierra para generar vapor y con él electricidad. En el mundo hay algunos proyectos que están en plena producción por ejemplo en:

Nuestro país, por estar ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, por ende en un sistema geodinámico favorable, es un lugar geográfico privilegiado para el desarrollo de este tipo de energía.

Nuestra investigación recoge los datos obtenidos en las pocas investigaciones realizadas por el fallecido Instituto Ecuatoriano de Electrificación INECEL, la Escuela Politécnica Nacional, y el actual Ministerio de Electrificación y Recursos renovables que establece un marco apropiado para la investigación y uso de este recurso natural.

## 2. Objetivo general.

Nos proponemos establecer un marco de referencia para análisis del recurso geotérmico en la Península de Santa Elena los afloramientos de manantiales hidrotermales identificados en los sectores de San Vicente y Borbollones.

Desarrollar una propuesta al Ministerio de Electrificación para realizar una investigación profunda con miras a establecer su real potencial de generación eléctrica

## 3. Metodología

La recopilación de un poco de la información existente, de algunos informes técnicos inéditos, de libros y publicaciones, de información cartográfica del Instituto Geográfico Militar, de Tesis de Grado de estudiantes de la Escuela Politécnica nacional, de información geológica de los campos petroleros de Ancón y Capaez, han sido el marco del análisis de la posibilidad de aprovechamiento de la energía natural de los llamados "BORBOLLONES " de la Península de Santa Elena

## 4. Área de estudio.

Los afloramientos de agua caliente denominados "Borbollones", que se encuentran ubicados en el sector de la Aguadita, dentro de la Parroquia Colonche, en el Cantón Santa Elena. A este sitio, se llega por un camino de tierra transitable en verano, con una distancia de alrededor de 15 Km desde Colonche.

La comunidad de la Aguadita, es sumamente pobre, está aislada de todo servicio público y no tiene medios de producción debido a que carece de agua de riego. El medio de subsistencia de la población (alrededor de 180 personas) según fuente de un morador el Sr. Reyes, Presidente de la Comuna es la elaboración de carbón vegetal, la caza de venados y puercos saínos, que se comercializan en el sitio a través de intermediarios.

Se nos ha informado que, se producen 20 sacos de carbón por día, 10 venados por semana y 8 saínos semanales en promedio.

Práctica de sobrevivencia autodestructiva que destruye el bosque nativo, y depreda la fauna silvestre endémica.

## 5. Morfología:

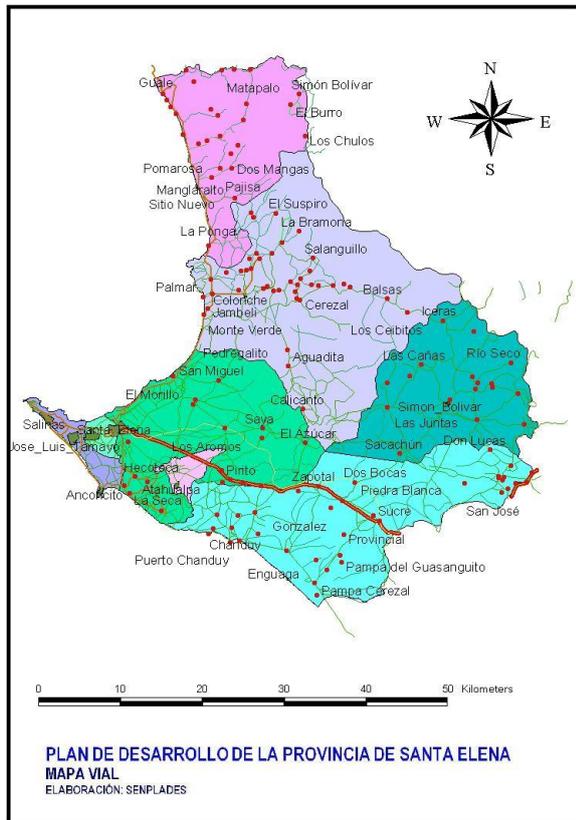
Borbollones se encuentra dentro de la Cordillera Chongón Colonche, con una topografía ondulada, de colinas de laderas poco inclinadas, y quebradas con cursos de agua intermitentes

## 6. Acceso.

Al lugar se puede acceder por tres rutas:

- a) por la Comuna El Azúcar, pasando por Calicanto,
- b) Por Colonche, hasta la comuna San Marcos y de aquí a la Aguadita.
- c) Ingresando por la comuna todas las rutas son caminos de verano estrechos y con gradientes fuertes.

## Mapa de Ubicación Geográfica



Fuente: SEMPLADES, Plan Nacional de Desarrollo.

## 7. Marco Geodinámico.

El Ecuador es parte del Sistema de Placas Activas definidas por la subducción de la Placa de Nazca debajo de la de Suramérica provocando la actividad volcánica en los Andes septentrionales y generando un incremento de la temperatura de la corteza terrestre.



Figura 2.1 Marco geodinámico del Ecuador, se muestran los volcanes activos en los territorios continental e insular. Se considera como volcanes activos a aquellos que han tenido erupciones en los últimos 10 000 años.

Fuente: mapa de la Región Circun Pacífico Modificado de Spikings el al. y Beate y Salgado 2005.

### Actividad Hidrotermal.

Los afloramientos de agua caliente, obedecen a actividad relacionada a campos petroleros, que,

debido a fracturas y fallas dejan escapar gas con agua de formación dando lugar a la formación de los típicos " Volcanes de Lodo".

El gradiente geotérmico detectado por los pozos petroleros que se han perforado cerca, establece un incremento promedio de 1° C por cada 33 pies de profundidad. La temperatura medida en superficie del agua en el afloramiento de San Vicente, es de 52 °C la temperatura de fondo en el pozo más cercano a Borbollones es de 75°C a 1500 pies de profundidad.

### Consideraciones Geotérmicas

La geotermia es aprovechamiento de la energía natural del interior de la tierra mediante la generación de vapor para producir electricidad, es un recurso renovable, poco contaminante, relativamente abundante y" con un elevado factor de planta" 8 Beate, 1991).

Se estima que, el flujo de calor desde el interior de la tierra hacia la superficie es de alrededor de 82 mW/m<sup>2</sup>, a 99 mW/m<sup>2</sup> en los fondos oceánicos y a 57 mW/m<sup>2</sup> en los continentes ( Uyeda, 1988) que no es otra cosa que la expresión del gradiente geotérmico mundial establecido en 30°C/km

Los lugares con mayor flujo calórico e localizan junto a los márgenes activos de placas y la mayor región con potencial geotérmico del mundo, justamente se ubica en los márgenes del Océano Pacífico.

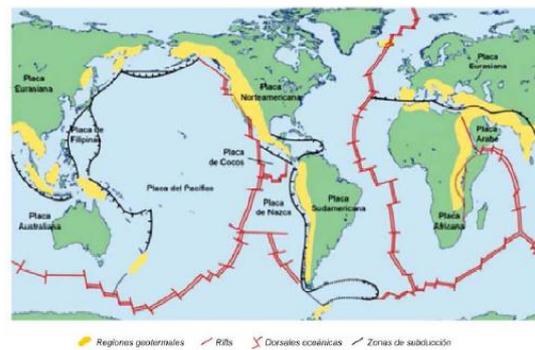


Figura 5.1 Tectónica global: se muestran los límites de placa y su relación con las regiones geotérmicas a nivel mundial.

### 5.2. ÁREAS DE INTERÉS GEOTÉRMICO EN LA ZONA SUR DE LA CALDERA CHACANA.

Fuente: USGS (2006) FDG Digital Cartographic Standart for Geologic Map.

### Manifestaciones Geotérmicas Superficiales.

La zona de interés es la que muestra los afloramientos de agua caliente con emanaciones de gas con caudales pequeños menores a 1 lt/seg., y temperaturas que alcanzan los 37 A 42 °C

Estas anomalías estarían relacionadas con yacimientos petrolíferos con gas asociado y temperaturas de fondo de alrededor de 127°

A 1500 pies de profundidad aproximada.

Hay la posibilidad de que las anomalías geotérmicas deba su presencia a la vecindad con la zona de subducción y a las propiedades térmicas de las rocas volcánicas de la formación Cayo de la Costa o quizá del mismo basamento constituido por la Formación Piñón.

### Potencial geotérmico del Ecuador

El borde continental activo del Ecuador está caracterizado por la subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, en condiciones bastante particulares por la presencia de la Dorsal de Carnegie, que se origina en el "Punto Caliente" de las Galápagos.

Estas características geológicas del territorio del Ecuador son muy favorables para pensar que, en los niveles superiores de la corteza, se han implantado, desde el período Terciario, cámaras magmáticas que alimentan a una intensa actividad volcánica que continúa manifestándose hasta el presente en el segmento septentrional de la Cadena Andina. No es casual el hecho que en el territorio ecuatoriano exista una de las más altas concentraciones, a nivel mundial, de aparatos volcánicos diferenciados de edad cuaternaria a reciente, cuyos sistemas de alimentación originan importantes anomalías en el flujo del calor terrestre.

Estudios de superficie desarrollados, han permitido identificar y sustentar el interés que, para un eventual desarrollo geotermo eléctrico, presentan las siguientes áreas

- Tufiño - Chiles - Cerro Negro
- Chachimbiro
- Chalupas

Todas ellas están ubicadas en la sierra norte y tienen como ventaja la de estar bastante cerca de las líneas de transmisión del Sistema Nacional Interconectado.

Una segunda opción para el aprovechamiento de la energía geotérmica en el Ecuador representa el uso directo de los fluidos de media y baja entalpía en procesos industriales que utilizan agua caliente y la consiguiente sustitución de los derivados del petróleo, principalmente diesel.

En extensas y abundantes porciones de la parte centro-norte de la Región Interandina del Ecuador, existe una elevada probabilidad de encontrar importantes anomalías en el flujo de calor terrestre y, por consecuencia, gradientes geotérmicos anómalos. En estas condiciones, está muy favorecida la existencia de acumulaciones de agua caliente en niveles bastante someros.

### Evaluación del Potencial Geotérmico

La primera dificultad que ha debido enfrentar el desarrollo geotérmico en el Ecuador, ha sido, sin duda, la falta de información confiable sobre el potencial disponible para la expansión del sistema eléctrico nacional; esto a pesar de que el Proyecto Geotérmico se mantuvo en actividad durante más de una década, pero sin que haya podido salir del ámbito de las investigaciones de superficie.

*Estimación del Potencial Geotérmico* en las tres áreas prospectivamente más interesantes para un eventual desarrollo. El ejercicio en mención se fundamenta en los métodos volumétricos y de la cantidad de calor magmático, concordantemente con el nivel de la información de superficie disponible. Los resultados se resumen a continuación en las Tablas 1 y 2.

Tabla N°1 del Potencial Geotérmico del Ecuador

AREA	RG	POTENCIA MW
Tufiño - Chiles	4.93 E+17	201
Chachimbiro	3.79 E+16	156
Chalupas	4.56 E+17	411
TOTAL	9. 87 E+17	768

RG = Reserva Geotérmica

POTENCIA = Potencia Instalable Total

Tabla 2: Potencial Geotérmico Para Usos No Eléctricos.

AREA	RE	RAA
Tufiño - Chiles	7.99 E+15	6.95 E+16
Chachimbiro	9.73 E+12	5.29 E+13
Chalupas	3.92 E+13	1.38 E+14
TOTAL	8.03 E+15	6.96 E+16

RE = Reserva Específica; RAA = Reserva en el Área Aprovechable

Fuente: CONELEC- "Perfil del Proyecto Geotérmico Chalupas y Resumen de Otras Áreas Geotérmicas en el Ecuador"

El método *volumétrico* consiste en calcular la energía calórica acumulada en un determinado volumen de roca, que se lo define por la extensión del área afectada por la anomalía del flujo de calor terrestre hasta una profundidad de 3000 m; en cambio, el método de la *cantidad de calor magma ático* considera que los magmas ascienden desde los niveles profundos de la corteza y se acumulan en las denominadas "cámaras magmáticas", donde comienza un proceso de enfriamiento concomitante con la conducción del calor a las rocas encajantes.

La aplicación de este método requiere de un modelo de la cámara magmática (profundidad, geometría, edad del emplazamiento del magma, temperatura inicial y final) que se lo sustenta a partir de datos geológicos y petrológicos. Con base en este modelo se realiza una estimación teórica sobre la transmisión calórica por conducción y convección en las rocas del eventual reservorio y capa sello.

El potencial geotérmico para usos eléctricos corresponde a las reservas económicas en los segmentos en los que se estima una temperatura media superior a los 200 °C; es decir únicamente a los recursos de alta entalpía.

El CONELEC realizó a través de una consultoría especializada, el estudio sobre el “Perfil del Proyecto Geotérmico Chalupas y Resumen de Otras Áreas Geotérmicas en el Ecuador“, del cual se extrajeron entre otras, las siguientes conclusiones:

Los estudios geotérmicos realizados en el Ecuador han identificado 17 aprovechamientos geotérmicos con fines de producción de energía eléctrica, industrial y agrícola. De entre ellos, 4 son de baja entalpía y los 13 restantes de alta y/o baja se encuentran en diferente fase de estudio.

ZONA GEOTÉRMICA	CARACTERIZACIÓN
Tufiño	Alta y baja temp..
Chalpatan	Alta y/o baja temp.
Iguen	Alta y /o baja temp.
Chachimbiro	Alta y baja temp.
Cuicocha	Alta y baja temp.
Imbabura	Alta y/ o baja temp.
Cayambe	Alta y/o/ baja temp.
Mojanda	Alta y baja temp.
Pululahua	Alta y baja temp.
Valle de los Chillos	Alta y/o baja temp.
Papallacta	Alta y baja temp.
Chalupas	Alta y baja temp.
Tungurahua	Baja temp.
Chimborazo	Media o baja temp.
Salinas ( Bolívar)	Baja temperatura.
San Vicente	Baja temperatura.
Cuenca	Media y/o baja temp.

### Situación actual de la generación eléctrica en el Ecuador

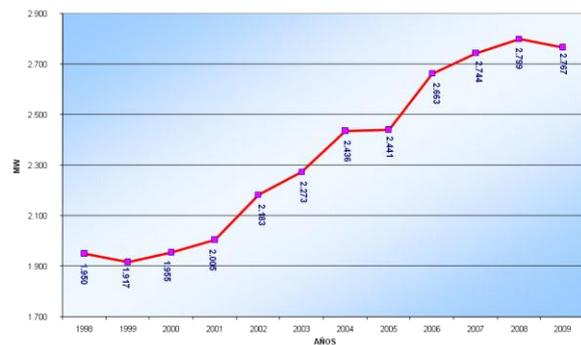
El Sistema nacional Interconectado SIN, mantiene una potencia nominal de 5266 MW y una potencia efectiva de 4725 MW provenientes de la generación hidráulica, térmica con motores de combustión interna, térmica con turbo gas, térmica con turbo vapor, interconexión, y eólica como lo demuestra los datos recogidos en la siguiente tabla:

Tabla de generación eléctrica por Sistema de generación

SISTEMA	POTENCIA NOMINAL	POTENCIA EFECTIVA
Hidráulica	2056,54	2032,65
Térmica MCI	1197,40	871,42
Térmica Turbo gas	807,14	756,50
Térmica Turbo vapor	552,80	537,50
Interconexión	650,80	525,00
Eólica	2,40	2,40

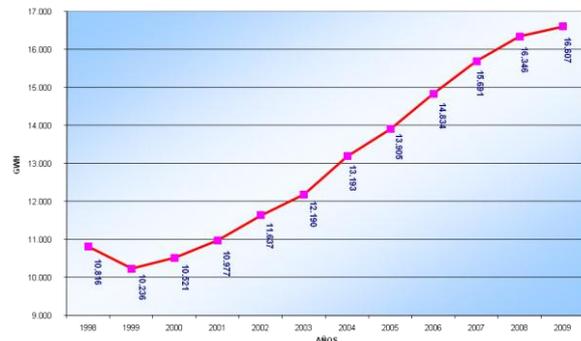
**Situación de la demanda.** Desde el inicio de este milenio, el crecimiento de la demanda de potencia es el orden del 8.88% y 9,09% (Donald Castillo Graham 2010) y se mantiene en forma sostenida. Solo en los años 2004 al 2007 las tasas de crecimiento se contrajeron, registrándose una disminución hasta el 3.04% . El crecimiento de energía registró una tasa del 4,1% en el 2008, 1,6% en el 2010.

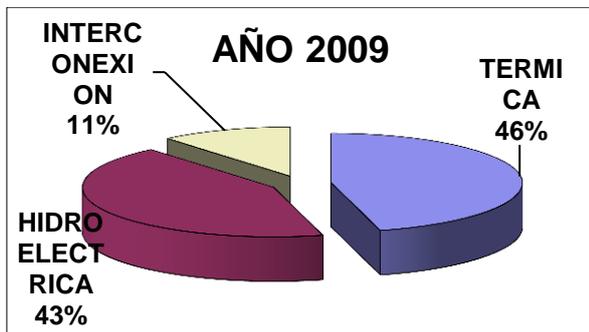
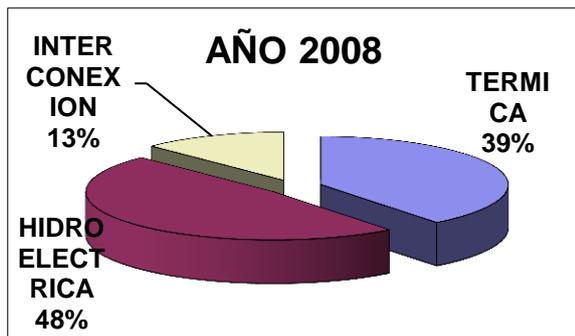
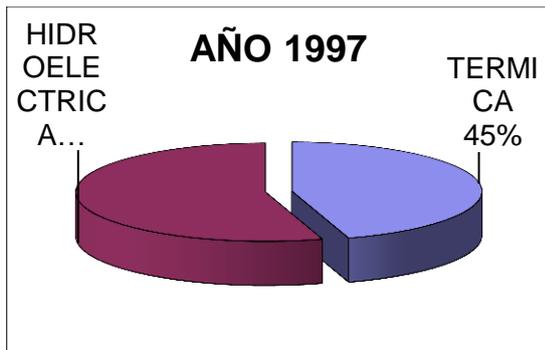
Cuadro de la demanda máxima de potencia



Fuente: CONELEC, Plan Maestro de electrificación

Cuadro de demanda máxima de energía





Fuente: CONELEC, Plan Maestro de electrificación.  
Ing. Donald castillo Graham.

El análisis de los gráficos, nos muestra claramente, la evolución de la Matriz energética del Sub Sector de la electricidad, Potencia efectiva en el Sin Sistema nacional Interconectado en el que destaca el decrecimiento de la influencia de la Hidroeléctrica de un 55% en el año 1997 al 43% en el 2009, cediendo un importante espacio a la Interconexión que ocupa el 11%, La generación Térmica, mantiene una situación estable entre el 45% en el 1997 a un 46% en el 2009

Alternativas de generación de electricidad en el Ecuador

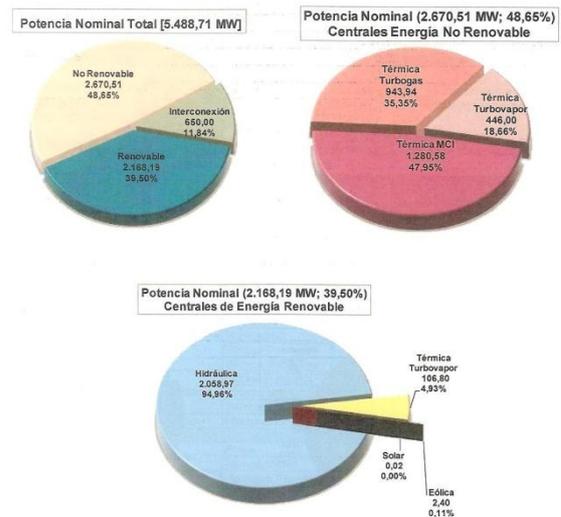


Gráfico 1-3: Potencia nominal según la fuente de energía de las centrales de generación

Fuente: Ing. Donald Castillo Graham.

La potencia nominal total de 5.488,71 MW, corresponden a una generación por fuentes no renovables 2.670,51, es decir el 48,51%, por energías renovables 2.168,19 o sea el 39,50% y por interconexión el 11,84% esto es 650 MW.

La potencia nominal proveniente de centrales de energía renovable, corresponde al 94% (2.058,97 MW, el 4,93% (106,80), a la a la generación turbo vapor, 0,02 MW de generación solar y una ínfima parte de generación eólica. Correspondiente a 10, 11%, es decir 2,40 MW.

### Consumo de diesel para generación térmica.

Según las estadísticas del CENACE, en el año 2009, el consumo de Diesel 2 fue de 119'312.124,41 galones, en el año 2010, fue de 238'150.734,19 galones, lo cual significa un incremento anual de 99,6%

Costos de generación.

Según datos del ministerio Coordinador de la Producción, Empleo, Competitividad de Septiembre del 2010, el precio del Diesel 2 para generación de electricidad, en terminal, fue de 0,8042 \$/galón según Decreto Ejecutivo N° 338 (R073, 02/0872005), los subsidios del agua y la electricidad fueron:

Costo de producción, 68,37 Millones de US Dólares  
Costo de Oportunidad 1: considerando el subsidio a precio FOB del crudo de exportación: 379,86 millones de US Dólares.

Costo de oportunidad 2: considerando un subsidio estimado a precios de importación CIF mas costo de comercialización: 437.78 Millones de Dólares.

### Proyección de la demanda

Las proyecciones de potencia para el período 2008 - 2020 del CONELEC establecen un crecimiento del 5,8% en un escenario medio es decir 2.700 MW adicionales a la demanda del año 2008.

Una vez que concluyan la construcción y entren en funcionamiento todos los proyectos en desarrollo particularmente los hidroeléctricos, entraran en servicio aproximadamente 27.852 GWh año de generación y 4767 MW de potencia para cubrir la demanda en crecimiento prevista para el 2020 en el escenario de crecimiento medio.

Todos los antecedentes técnicos del cuidado del ambiente, llevan a considerar nuevas alternativas de generación entre las cuales lógicamente figura el uso extensivo del gas natural. El incremento de la energía eólica, solar y naturalmente la geotérmica motivo de nuestro interés.

### Conclusiones:

- Estas cifras, nos muestra que, es necesario incursionar en nuevas fuentes de generación, más limpias, sustentables y de menor costo.
- El Convenio de cooperación suscrito con el Instituto Tecnológico de Austria, es un marco ideal para que la UPSE pueda aprovechar la experiencia, y tecnología en la investigación de esta fuente alterna de energía.
- En la Península existen varios " puntos calientes" que pueden ser analizados con métodos prospectivos expeditivos. Estos son: San Vicente, Borbollones, San José entre otros.

### Referencias

Black, J y Solís (1991) Naturaleza y Geografía Ecuatoriana Como Elemento a considerarse en el Desarrollo de una Reserva de Recursos Est. Geogr. Corp. Edit. Nacional, Quito, PP. 85-90

Beate, B. (1991) La Geotermia Conceptos Generales, Aplicaciones, Estado Actual en el Ecuador. Est. Geogr. Quito, Corp. Edit. Nacional. PP71-83.

Beate, B. Salgado, R (2005) Geothermal Country Update For Ecuador, 2000-2005.

Proceeding World Geothermal Congress, Antalya, Turkey. Beate, B. Inguagiacio, S. Villares, F (2009) Proyecto geotérmico Chacana, Estudio de Pre factibilidad inicial. ELECTROGUAYAS, S.A. Quito pp, 7 - 109

Estudio geovulcanológico de la zona sur de la caldera chacana Provincia de Napo Pichincha. Villares Jibaja Fabián Marcelo 2010.

Alternativas en la Generación de Electricidad en el Ecuador - Gas Natural.

Ing. Donald Castillo Graham 2011