



## LA GENERACIÓN LIMPIA DE LA ELECTRICIDAD



**ING. ALBERTO TAMA FRANCO**  
MAE, MGE, MBA  
Asesor de la Gerencia General de la  
Corporación Eléctrica del Ecuador  
CELEC, EP

### Introducción

La generación de energía eléctrica o electricidad es una consecuencia del Principio de Conservación de la Energía, mismo que en esencia afirma que: "La energía no puede crearse ni destruirse, solo se puede cambiar de una forma a otra"; es así que, cuando se genera energía eléctrica, se lo hace aprovechando y transformando las energías hidráulica, térmica, solar, eólica, mareomotriz, entre otras.

Las fuentes de energía se clasifican en dos grandes grupos: 1) fuentes renovables, aquellas provenientes de recursos "ilimitados" y que luego de ser utilizadas se pueden regenerar de manera natural o artificialmente; y 2) fuentes no renovables, aquellas provenientes de recursos "limitados", y que cuya rapidez de consumo es superior a su rapidez de regeneración.

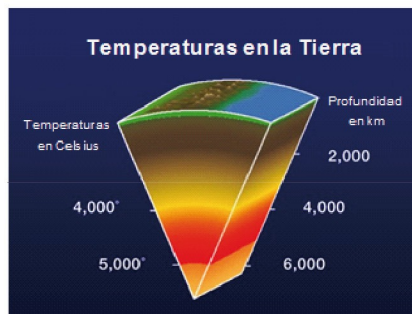
A través de los siglos, los seres humanos se han beneficiado de la energía geotérmica

proveniente de la Tierra mediante el uso del agua caliente que, de manera natural, se eleva a la superficie de la misma.

Gracias a esto, se producen las denominadas piscinas termales, utilizadas para curación y relajación, que han sido y son una parte importante de la cultura de muchos pueblos, sobre todo en Japón, Europa e inclusive en nuestro país. Hoy en día, se realizan perforaciones de pozos a gran profundidad con la finalidad de llevar agua caliente a la superficie.

Esta energía geotérmica es utilizada para la calefacción de edificios, para acelerar el crecimiento de las plantas y los peces, y para secar madera, frutas y verduras, siendo posible utilizar la precitada energía, para generar electricidad.

### La Energía Geotérmica y la Energía Geomagnética



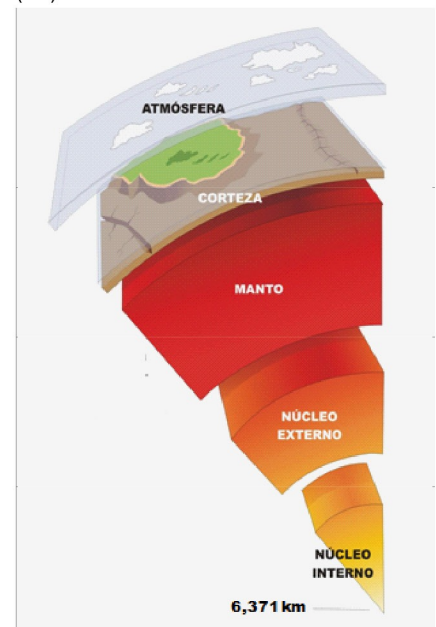
La energía geotérmica se origina del calor que se encuentra dentro de la Tierra. La palabra geotérmica proviene de los vocablos Griegos: geo que significa tierra y therme que significa calor. Es decir que el término energía geotérmica quiere decir que es la energía térmica proveniente de la tierra.

En tanto que el término energía geomagnética quiere decir que es aquella energía

térmica proveniente del magma de la Tierra.

El precitado término, tuvo que ser utilizado por el científico **Doyle Brewington**, debido a que el magma constituye el principal sistema de soporte o fuente de energía de los componente calóricos de su invento denominado **-The Power Tube-** "El Tubo de Potencia".

El núcleo de la Tierra se encuentra a casi 4,000 kilómetros por debajo de la superficie de la misma. El núcleo de doble capa, se compone de hierro fundido muy caliente que rodea un centro de hierro sólido. Se estima que las temperaturas del núcleo oscilan entre los 2,760 a 6,000 grados Celsius (°C).



Rodeando el núcleo de la Tierra se encuentra el manto, compuesto por roca y magma. El manto es de cerca de 1,800 kilómetros de espesor. El calor del manto se transfiere continuamente a la corteza. Este calor, también está siendo generado en la corteza



debido a la descomposición natural, o ruptura, de los elementos radiactivos que se encuentran en toda la roca. La corteza está dividida en enormes losas, denominadas placas tectónicas, que en realidad se mueven sobre el manto, separándose, aplastándose o deslizándose (subducción) en sí. Los bordes de estas grandes placas son a menudo alterados por la actividad volcánica y por terremotos.

En estas fronteras de las placas, y en otros lugares donde se adelgaza la corteza o está fracturada, el magma está más cerca de la superficie de lo que puede estar en otra parte. Muchas veces el magma emerge por encima del suelo, donde lo conocemos como la lava. Pero la mayor parte de él, permanece por debajo del suelo, donde con el tiempo, se crean grandes regiones de roca caliente.

Este magma puede alcanzar la superficie y forma los denominados volcanes; pero la mayoría del mismo, permanece bajo tierra, donde puede subyacer en regiones tan grandes como las inmensas cordilleras. Estudios científicos revelan que el magma puede tomar de 1,000 a 1'000,000 de años para enfriarse, debido a que su calor es transferido a las rocas circundantes. En las zonas donde hay agua subterránea, el magma puede llenar las rocas fracturadas y las piedras porosas. Esta agua se calienta y puede circular de nuevo a la superficie para crear las denominadas fuentes termales, ollas de barro, y fumarolas, o puede quedar

atrapada bajo la tierra, formando los profundos reservorios geotérmicos.

La energía geotérmica y la energía geomagmática son una fuente de energía renovable debido a que el agua se repone por la lluvia y el calor es producido continuamente en la Tierra debido a la lenta descomposición de las partículas radiactivas que se produce de forma natural en todas las rocas. Un reservorio geotérmico asociado al geomagmático es indiscutiblemente una poderosa fuente de energía.

### ¿Dónde encontrar estas fuentes de energía?

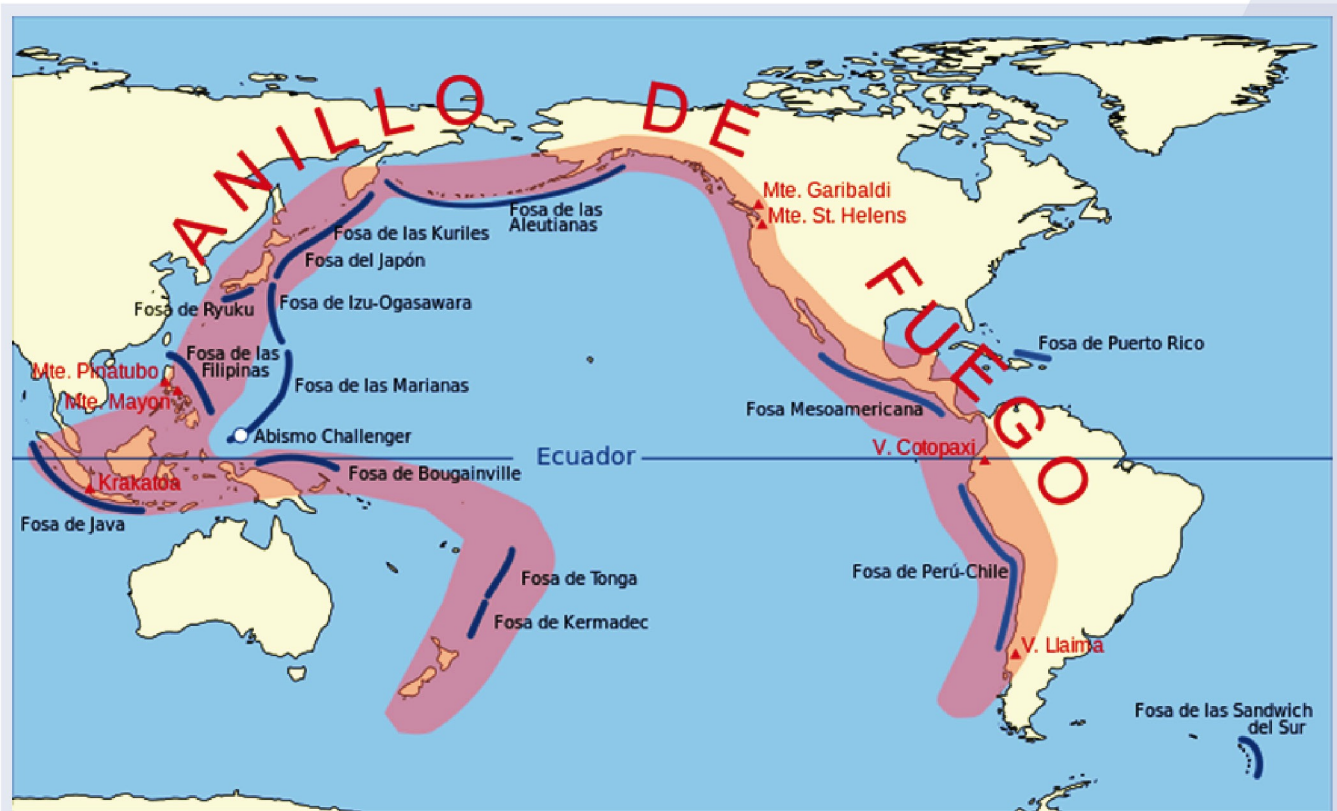
Los geólogos utilizan diversos métodos para encontrar los reservorios geotérmicos. Ellos estudian imágenes satelitales, fotografías aéreas y mapas geológicos, analizan la composición química de fuentes locales de agua y la concentración de metales en el suelo, pudiendo incluso llegar a medir las variaciones en la gravedad y los campos magnéticos, sin perder de vista, por cierto, que la presencia de volcanes es una indicación obvia de la existencia de energía geotérmica. Sin embargo, la única manera en que se puede estar seguro de que se ha encontrado un reservorio geotérmico es mediante la perforación de un pozo exploratorio; mismo que de ser un error, representará un costoso fracaso.

La ventaja es que Ecuador se encuentra en una región donde se concentra la ma-

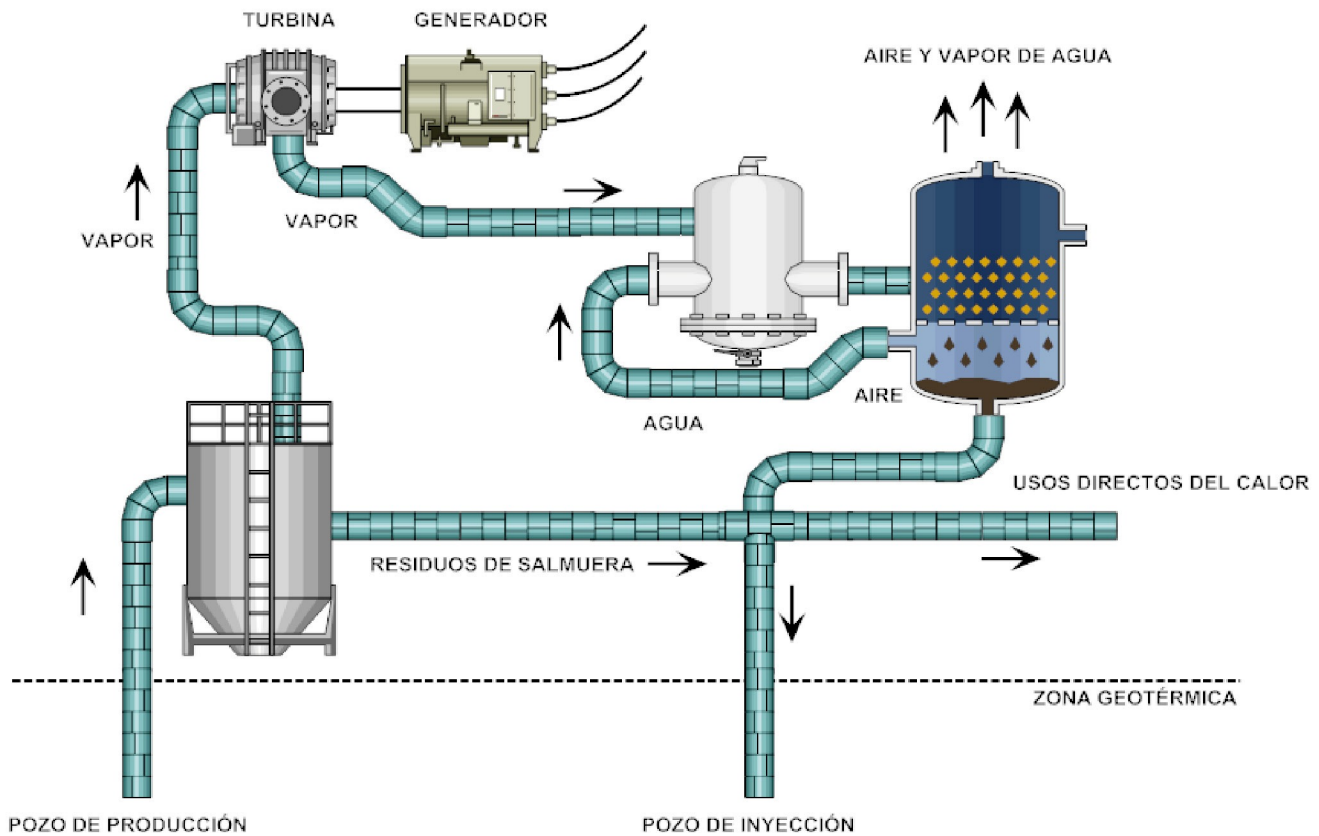
yor actividad geotérmica mundial, zona conocida como el **Cinturón o Anillo de Fuego** del Pacífico, también conocido como Cinturón Circumpacífico, situada en las costas del océano Pacífico y se caracteriza por concentrar algunas de las zonas de subducción más importantes del mundo. Incluye también a Chile, Perú, Colombia, Centroamérica, México, parte de Argentina, parte de Bolivia, parte de los Estados Unidos, parte de Canadá, luego dobla a la altura de las Islas Aleutianas y baja por las costas e islas de Rusia, Japón, Taiwán, Filipinas, Indonesia, Papúa Nueva Guinea y Nueva Zelanda.

Cuando los reservorios o yacimientos geotérmicos asociados a los geomagmáticos son localizados, se puede llegar a ellos por la perforación de pozos. Sin embargo, muchas veces es posible aprovechar aquellos pozos petroleros que han sido abandonados y así se economizaría el acto del pozo exploratorio.

Una vez que un depósito geotérmico ha sido encontrado, se inicia la fase de la perforación de los pozos de producción. Agua caliente y vapor a temperaturas entre 120 oC y 370 oC son llevados a la superficie y utilizados para generar electricidad en plantas de producción de energía eléctrica cercana a los pozos de producción. Hay varios tipos diferentes de plantas de energía geotérmica: a) Flash Steam Power Plants, b) Dry Steam Power Plants y c) Binary Power Plant.



A continuación, se muestra un esquema sencillo de una típica Planta Geotérmica:



## El Tubo de Potencia

El funcionamiento de esta invención es muy sencillo, dentro de un tubo de potencia de un metro y medio de diámetro y 60 metros de longitud se hace circular dos gases. Al hacerlo, mueven una turbina y se produce electricidad por el Principio de Conversión de la Energía.

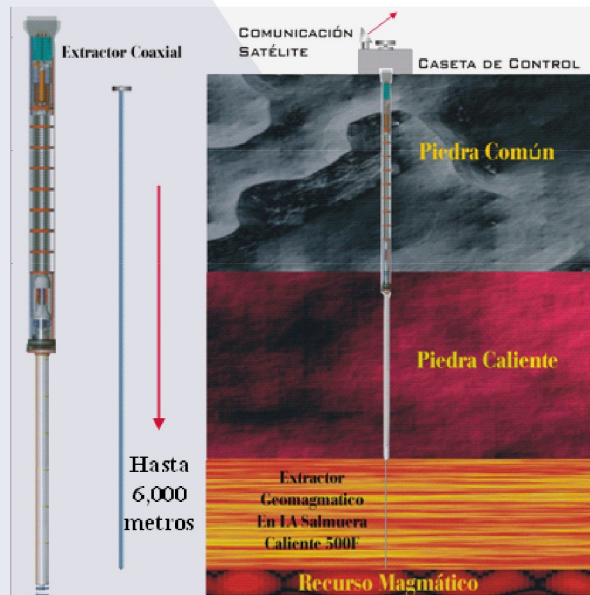
Lo que mueve los gases es el calor de la tierra y ascienden hasta la punta del tubo, mueven una turbina y descienden en forma de líquido, hasta que el calor los regresa de

nuevo al estado gaseoso, lo que los lleva a ascender nuevamente, repitiendo el mismo ciclo durante 24 horas, los 365 días del año. Esta invención es lo más parecido que hay a la máquina de movimiento perpetuo que imaginaban los físicos, pero esta máquina silenciosa "El tubo de Potencia" no se mueve a perpetuidad pues necesita calor.

El Tubo de Potencia se compone en esencia de cuatro módulos o componentes principales, todos ellos apilados uno encima del otro, a manera de una jeringuilla gigante, tal como se aprecia en la ilustración.

del Tubo de Potencia. El fluido de trabajo pasa a través de un Súper Condensador Conductor de Refrigeración (SCCD) que es alimentado por sonido.

El tubo de potencia es un invento innovador por la combinación de tecnologías que intervienen en su estructura y operación; a saber: 1) la turbina y el generador electrónico están diseñados para trabajar a la misma velocidad (RPM), de tal manera que no existe la necesidad de considerar la presencia de acopladores de transmisiones o reductores de velocidad; 2) el súper condensador conductor de refrigeración (SCCD) trabaja acústicamente y de esta forma se eliminan las partes móviles, requiriendo mucho menos energía y no ocasionándose desgaste mecánico; y, 3) no contiene lubricantes en su sistema, no existe fricción por cuanto todas sus superficies giratorias operan con la ayuda de cojinetes electromagnéticos estabilizados.



El módulo más bajo es el intercambiador de calor o caldera donde el fluido de trabajo -una mezcla de iso-pentano e iso-butano- se calienta debido a la roca geotérmica circundante a una temperatura de 220 grados oF. El vapor sobrecalentado se eleva y es pasado a través del segundo módulo, el cual consiste de una turbina axial. La turbina es la que proporciona la fuerza mecánica para activar el generador que se encuentra en la parte superior

### PROCESO DE CONVERSIÓN CALOR GEOMAGMÁTICO A ELECTRICIDAD

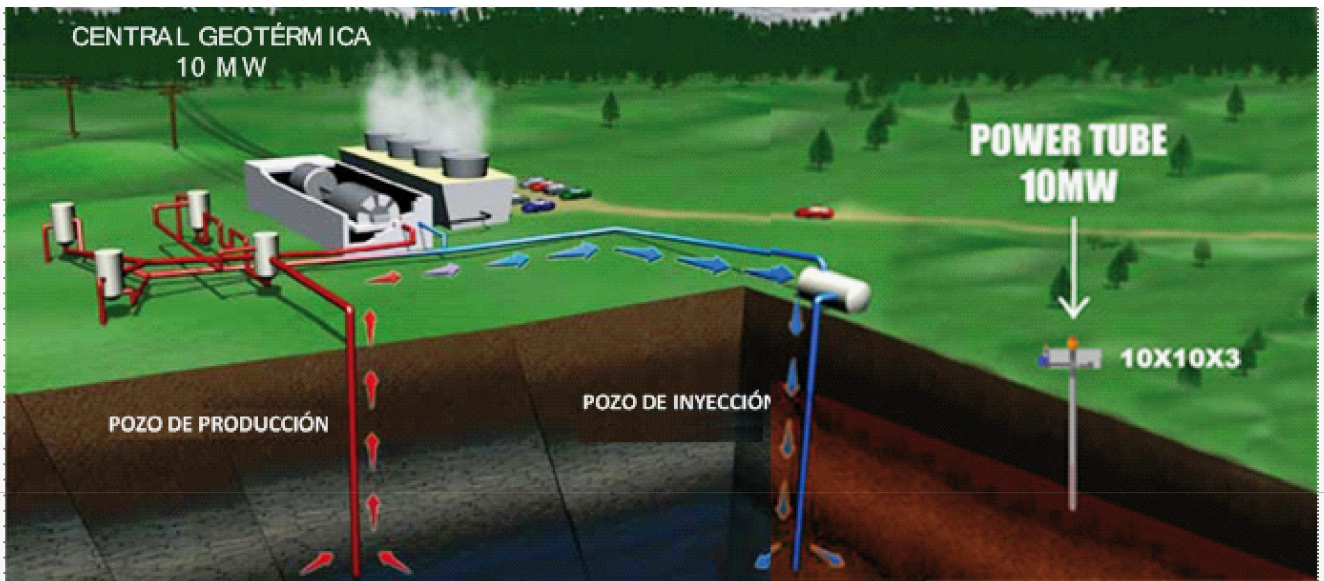
Saliedo de la Turbina, el Gas pasa por un Sistema de Condensación volviéndose líquido. Se envía de nuevo a la Caldera, sigue el Ciclo.

El Gas a presión pone en rotación a una Turbina que está acoplada a un Generador que produce electricidad.

El calor de la Tierra calienta el material en los tubos de la Caldera convirtiéndolos en Gas a Presión.

Tubo de Potencia





## Energía Geotérmica versus Energía Geomagnética

Indudablemente que los principales beneficios que tiene la energía eléctrica obtenida a partir de la conversión de la energía geotérmica son los siguientes: 1) energía limpia y segura; 2) energía renovable y sustentable; 3) no utiliza combustibles fósiles y permite mejorar la matriz energética de la oferta; 4) ofrece desarrollo modular y escalamiento en el tiempo; y, 5) usos alternativos y directos, a saber: fuentes termales, agricultura (invernaderos y otros), acuicultura (granjas de cultivo de peces, gamba, etc.), industria (frutas y productos secos), entre otros.

Sin embargo de "todas las bondades y beneficios", de acuerdo a los investigadores Bloomfield and Moore, aunque en pequeñas cantidades en comparación con otras fuentes de energía, las fuentes de energía geotérmica también generan emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente. Adicionalmente, una planta geotérmica de 10 MW requiere de una extensión de entre 3 a 4 hectáreas de terreno para su instalación, teniendo con ello una fuerte afectación visual, sin mencionar el hecho de que ocasiona deterioro del suelo donde se asienta, motivado por la generación de óxidos. Además, en las plantas geotérmicas, se utilizan millones de litros de agua que son inyectados para poder elevar vapor geotérmico a la superficie, mismo que al condensarse se reinyecta y se vuelve a utilizar, pero todo esto exige grandes torres de enfriamiento. La instalación de plantas geotérmicas son generalmente "prototipos" cuyos estudios acerca del tamaño de la reserva geotérmica es muy costoso, porque se requiere asegurar que el dimensionamiento de la planta sea acorde con el potencial del reservorio geotérmico, lo cual es implicativo de que

las centrales geotérmicas convencionales no trabajarán indefinidamente, sino hasta agotar el yacimiento o campo geotérmico, similar al agotamiento de un yacimiento o campo petrolero.

La empresa o el Estado que tome la opción de instalar una central geotérmica convencional, tiene que saber de antemano cuánto tiempo va a durar el campo geotérmico para determinar si va a poder obtener un beneficio a su inversión.

Además de las ventajas y beneficios tecnológicos que ofrece el Tubo de Potencia, la planta geomagnética permite generar electricidad limpia, segura y casi inagotable, sin contaminar los acuíferos, sin ocasionar polución alguna, no generándose la consiguiente lluvia ácida ni deteriorando la capa de ozono que ocasionan las centrales térmicas por las emisiones de NO<sub>x</sub> y CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

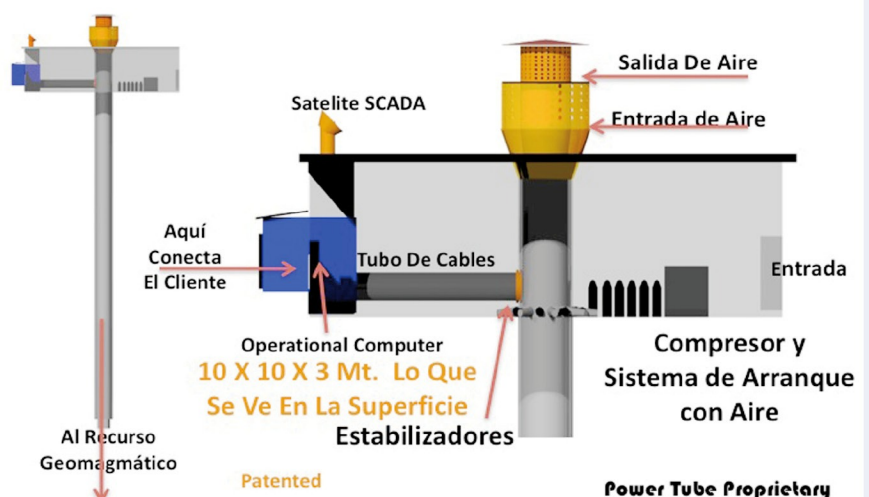
Este tipo de central de generación eléctrica,

no consume ningún tipo de hidrocarburo ni recurso natural alguno, permite la generación de energía eléctrica a bajo costo y con un mínimo de mantenimiento, tiene una huella visual mínima pues solo se requiere de una edificación de 3 metros de altura y de 100 m<sup>2</sup> de superficie que contendrán los equipos de procesamiento y de transmisión.

**No se requiere estimaciones de vapor o presión, ni nada de aquello, solo se necesita saber en qué lugar está el calor.**



## La Estructura de Superficie





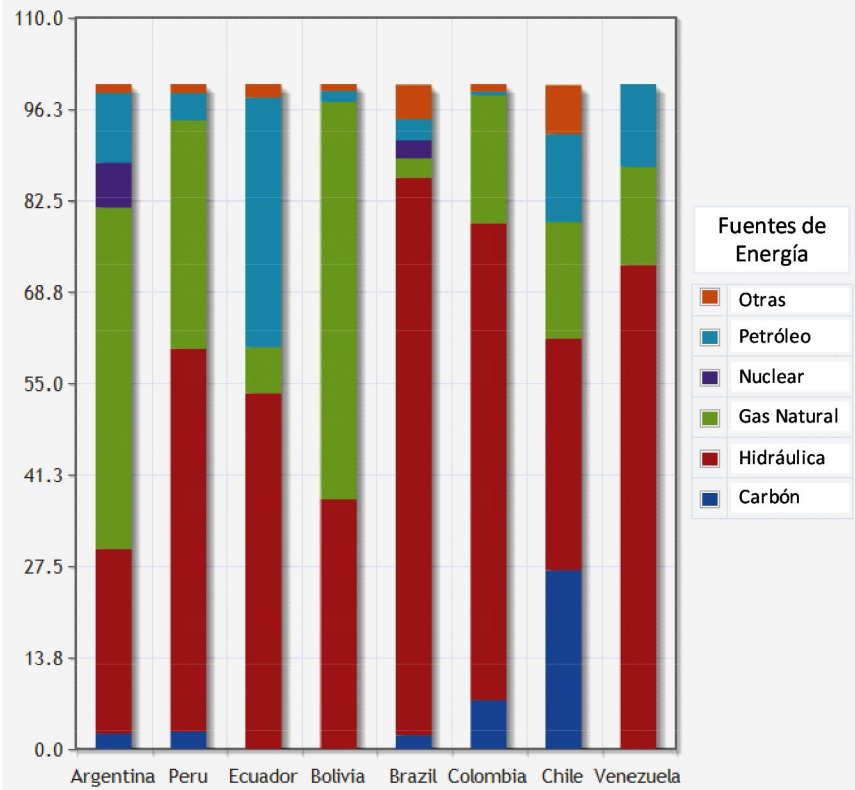
## Precisiones y Recomendaciones:

Según las estadísticas de **Indexmun-**

**di**, se aprecia que la matriz energética de la oferta en nuestro país, con el impulso y decisión del actual gobierno, demuestra que ha sido manejada exitosamente, pues

revela que del total de la producción de energía, el 53.53% corresponde a hidráulica y el 2.07% a otras fuentes renovables, a saber: solar, eólica, etc., valor que podría mejorarse.

En la búsqueda de la mejora continua, sería recomendable que la entidad de gobierno, encargada de los proyectos de generación de electricidad a partir de fuentes renovables, considere la instalación de Centrales Geomagnéticas en nuestro país, mismo que es privilegiado por encontrarse ubicado sobre su propio recurso energético y que lamentablemente no está siendo aprovechado; con lo cual, se podría dotar de energía eléctrica a esos lugares inaccesibles, donde jamás han tenido electricidad, inclusive se podría llegar a tener la tan ansiada y soñada autonomía y confiabilidad energética, tener una sobreoferta de energía, optimizar más aún la matriz energética de la oferta; y con ello, se tendría la oportunidad histórica de ser los principales actores en la salvación del planeta y de la humanidad, gracias a ese recurso energético que es el magma, cuya energía asociada, es sin duda alguna el **“Futuro Energético del Ecuador”**.



## CONELC ENTREGÓ TÍTULOS HABILITANTES PARA PROYECTOS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS.

Este miércoles 30 de enero del año en curso se llevó a cabo la ceremonia de suscripción y entrega de Títulos Habilitantes entre el Consejo Nacional de Electricidad y varias empresas privadas interesadas en participar en la construcción y generación de proyectos de energías renovables no convencionales, entre ellas biomasa y fotovoltaicos.

Las energías renovables no convencionales son aquellas que se obtienen de fuentes naturales consideradas inagotables por la gran cantidad de energía que contienen y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales, y cuya velocidad de regeneración, es mayor que su velocidad de consumo, cuyas características son: causan menor impacto al ambiente y generan energía limpia.

El Directorio del CONELC autorizó a la Dirección Ejecutiva la suscripción de títulos habilitantes con 17 empresas privadas, que cumplieron los requisitos establecidos en la regulación 004/11, y que quieren incur-

sionar en la producción de energía fotovoltaica y biomasa, por un total de 287,7 MW de potencia, bajo condiciones específicas y asumen sus propios riesgos, con base a la indicada regulación 004/11 que determina que solo un 6 por ciento de la capacidad de generación que tiene el país se puede destinar para el desarrollo de este tipo energías.

En el acto participaron como testigos de honor, los ministros, Coordinador de Sectores Estratégicos, Dr. Rafael Poveda, y de Electricidad y Energía Renovable, Dr. Esteban Albornoz.

En la suscripción de títulos habilitantes estuvieron presentes los principales ejecutivos de las 17 empresas beneficiadas con los títulos habilitantes.

