

**“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO  
INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO  
INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

Realizado por:

**WASHINGTON EDUARDO GUASTAY CAJO**

Director del proyecto:

**EDILBERTO LLANES CEDEÑO**

Como requisito para la obtención del título de:

**MAESTRANTE EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN  
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Quito, 16 de octubre de 2020



**“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

iii

**DECLARACIÓN JURAMENTADA**

Yo, WASHINGTON EDUARDO GUASTAY CAJO, con cédula de identidad 0201886983 declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

FIRMA

**“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

iv

**DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

Realizado por:

**WASHINGTON EDUARDO GUASTAY CAJO**

como Requisito para la Obtención del Título de:  
**MAESTRANTE EN ECOEFICIENCIA  
INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN EFICIENCIA  
ENERGÉTICA**

ha sido dirigido por el profesor

**EDILBERTO LLANES CEDEÑO**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



**FIRMA**

**“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

v

**LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

MSc. Paolo Salazar (Revisor 1)

MSc. Diego Bustamante Villagómez. (Revisor 2)

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral

ante el tribunal examinador



FIRMA

MSc. Paolo Salazar



FIRMA

MSc. Diego Bustamante Villagómez.

Quito, octubre del 2020

# **“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

vi

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación lo dedico a mi familia que me ha brindado todo su apoyo en la culminación de esta nueva etapa de mi carrera profesional.

A mis docentes de la Maestría en Ecoeficiencia Industrial Mención Eficiencia Energética de la Universidad Internacional SEK, que me han ayudado a fortalecer mis conocimientos y llevarlos a la práctica en beneficio del Ecuador.

**“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

vii

**AGRADECIMIENTO**

A mi familia, que es mi inspiración el logro de mis metas profesionales y me han brindado todo su apoyo en mi desarrollo profesional, así alcanzar mis logros en beneficio de mis seres queridos.

**“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

viii

Para someter

a: To be

submitted:

**EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR**

Washington Guastay Cajo<sup>1,2</sup>, Edilberto Llanes-Cedeño<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito, Ecuador.

\*AUTOR DE CORRESPONDENCIA: Washington Guastay Cajo, Universidad Internacional

SEK, Facultad de Ciencias Ambientales y Naturales, Quito, Ecuador.

Teléfono: 0967342901-; email: Weguastay.mee@uisek.edu.ec

Título corto o Running title: Uso de la energía hidráulica

# “EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”

ix

## Resumen

En este trabajo se presenta los avances en la generación de energía eléctrica a partir de energía renovable, particularmente la hidráulica y su impacto en la industria nacional que ha desarrollado el Ecuador en el periodo 20014 - 2020, dada la importancia del tema a nivel global para la conservación del hábitat, el ambiente y en el ahorro energético. Ecuador se reconoce en el quinto lugar de producción de energía eléctrica a partir de renovable hídrica a nivel global, y eso lo convierte en objeto de estudio, especialmente por el impacto que produce en el sector industrial que ve la oportunidad de reforzar su prosperidad a partir de esta fuente de energía. La investigación se apoya en una revisión de documentos oficiales nacionales e internacionales y artículos publicados en bases de datos sobre la materia, que arroja como resultados la visión holística de la infraestructura instalada de generación de energía eléctrica a partir de energía renovable, proyectos iniciados y por iniciar, convenios internacionales de la nueva matriz energética del Estado Ecuatoriano que impacta de forma medular en el desarrollo de la industria Nacional.

***Palabras clave:*** energía, renovable, generación, industria.

# **“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

x

## **The use of hydraulic energy for the generation of electrical energy as a strategy for industrial development in Ecuador**

### **Abstract.**

In this work we present the advances in the generation of electrical energy from renewable energy, particularly the hydraulic, and its impact on the national industry that Ecuador has developed in the period 20014 - 2020, given the importance of the topic at the global level for habitat conservation. , the environment and energy savings. Ecuador is recognized in fifth place for the production of electrical energy from renewable energy globally, and this makes it an object of study, especially due to the impact it produces in the industrial sector that sees the opportunity to reinforce its prosperity from this power source. The research is supported by a review of official national and international documents and articles published in databases on the subject, which results in the holistic vision of the installed infrastructure of electricity generation from renewable energy, projects initiated and by initiate international agreements of the new energy matrix of the Ecuadorian State that has a profound impact on the development of the National industry.

***Key words:*** energy, renewable, generation, industry

# **“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

11

## **Introducción.**

El uso de la electricidad marcó un antes y un después en la especie humana y en el mundo en general, la manera o forma de producirla ha ocupado parte de los conocimientos técnicos y científicos en todo el siglo XX y lo que va del XXI, Ecuador representa el quinto país del mundo en seguridad eléctrica a partir de energía renovable, en varias de sus formas hidro, eólica, fotovoltaica, de biomasa, en todas estas formas de generación Ecuador tiene cierta experiencia, tanto a nivel de la administración pública como privada, lo que supone tener un importante conocimiento de esta tecnología, su impacto en lo social, en lo económico y en el ambiente (Albornos, 2015).

El complejo de generación hidroeléctrico “Paute Molino” (Pozo, 2018) marca la génesis de todo el gran desarrollo hidroeléctrico de Ecuador, este fue un que se inició antes de 1961 cuando el ingeniero Daniel Palacio Izquierdo, tuvo la visión de construir una presa (Amaluza) en el río Paute, en el sitio conocido como Cola de San Pablo, en el año 1976 se arranca la construcción de la Central culminando finalmente todas las fases en 1991, esta gran mega obra marco un hito en la historia de la Energía Eléctrica del Ecuador y sentó las bases para convertir al país en una potencia de Generación Hidroeléctrica (Anchundia, 2018).

Un gran periodo del sector eléctrico durante la administración del INECEL (2017) fue de 1961 hasta finales 1980 debido al alza de los precios del petróleo, a partir de esta fecha se construyeron grandes proyectos basados en la energía renovable y el sistema interconectado nacional, a partir de 1982 Ecuador da los primeros pasos hacia un proceso de cambio de matriz de generación eléctrica de energía fósil a energía renovable, ya en la mitad de la década de los 90 se crea la Ley de régimen del sector eléctrico, que con algunos cambios todavía perdura, lo que dio un importante impulso a la gran empresa de energía Eléctrica fundamentada en la Energía renovable que hoy tiene Ecuador.

# **“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

12

Es mucha la información oficial y de investigación relacionada con el tema de la energía renovable, propiciada por una realidad ambiental que supone la sobrevivencia del planeta, según todos los organismos internacionales que hacen seguimiento al estado de la atmósfera, ríos, lagos oceánicos y otros elementos de nuestro hábitat planetario, las consecuencias por el uso de energía fósil de manera desmedida como se ha hecho hasta ahora, puede ser catastrófica para la humanidad y para el planeta.

El procedimiento utilizado para la exploración se hizo mediante la búsqueda de artículos publicados en bases de datos como Ruinet, Scopus Dialnet, y páginas oficiales de organismos nacionales e internacionales.

Examinaremos la capacidad de generación de la infraestructura que posee hasta ahora Ecuador, fundamentalmente la asociada a la generación por medio de energía renovable y su impacto en el desarrollo industrial del Ecuador, para desarrollar esta arista de la investigación deberemos tener una concepción holística del sistema de generación y del Sistema Eléctrico en general.

## **Hipótesis.**

En el Ecuador el debacle y disminución de ventas de petróleo muestra la necesidad de encaminar las inversiones a nuevas opciones como las energías renovables, entre ellas la energía hidráulica es una opción por la ubicación única del país que brinda la posibilidad de generar proyectos sustentablemente rentables y fortalecer la economía nacional en el ámbito de la energía eléctrica.

# “EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”

13

## Objetivos

### *General:*

Evaluar el uso de la energía hidráulica para la generación de energía eléctrica como estrategia para el desarrollo industrial en el Ecuador, con base a una revisión sistemática, con la aplicación de la metodología prisma.

### *Específico:*

- Indagar información acerca del uso de la energía hidráulica para la generación de energía eléctrica como estrategia para el desarrollo industrial en el Ecuador con base a la fundamentación teórica analizada.
- Establecer el contexto nacional del uso de la energía hidráulica para la generación de energía eléctrica como estrategia.
- Analizar el desarrollo del uso de la energía hidráulica en el Ecuador como opción económica y de inversión nacional.

# “EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”

14

## Estado del Arte.

### A. *Definición.*

**Energía:** La energía está, inexorablemente vinculada al movimiento, al trabajo, a la producción de cambios, a la transformación, a la fuerza, se puede definir como la capacidad que posee un material de realizar o producir un trabajo.

**Renovable:** Aquello que puede renovarse. El verbo renovar está vinculado a reemplazar algo, poner de nuevo, transformar o restablecer algo que se había interrumpido.

**Energía renovable:** La noción de energía renovable hace mención al tipo de energía que puede obtenerse de fuentes naturales, virtualmente la energía es un recurso natural que puede aprovecharse industrialmente a partir de la aplicación de tecnología y de diversos recursos asociados. El concepto también permite decir que es la capacidad de poner en movimiento o transformar algo que es inagotable, bien porque contienen una inmensa cantidad de energía o porque pueda regenerarse naturalmente (Hidrovo, 2019).

La energía eólica, la energía solar y la energía geotérmica son ejemplos de energías renovables no contaminantes (energías verdes), debido a que su utilización supone una mínima huella ambiental. Las energías que se obtienen a partir de biomasa, en cambio, son energías renovables contaminantes.

Por antonomasia las energías no renovables son aquellas cuya fuente no puede volver a generarse. Es decir, lo que se gasta y no puede reponerse. Los combustibles fósiles, como el petróleo, el carbón o el gas natural, son energías no renovables.

La lógica ambiental y económica indica que el ser humano debería apostar por la energía renovable para garantizar su subsistencia como especie. Se estima que el Sol abastecerá las fuentes de energía renovable (a través de la radiación solar, su incidencia en las lluvias, el viento, etc.) durante, al menos, cuatro mil millones de años. El uso de estas energías, por otra

## “EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”

15

parte, no genera gases de efecto invernadero ni otras emisiones contaminantes.

Entre los puntos en contra de la energía renovable, aparece su irregularidad (no puede usarse la energía eólica cuando no hay vientos, por ejemplo). Por otro lado, si bien se trata del camino más respetuoso para con la naturaleza, el mal uso de estas fuentes de energía puede acarrear desastres de diversos grados, ya que todas ellas generan un impacto en el medio ambiente.

### *A. Tipos y características de la energía renovable*

Las energías renovables se obtienen directamente de la naturaleza, gracias a la gran cantidad de recursos existentes o por la generación inagotable y renovable de los mismos. Los diferentes tipos de energías renovables vendrían a sustituir a algunas fundamentales en la cotidianidad, pero que no son inagotables: el carbón, el gas y el petróleo (Posso, 2014).

Las energías renovables se obtienen de fuentes naturales: el sol, el agua, el aire y la energía geotérmica (proveniente del calor interno del planeta). Y aunque pueden en algún momento significar un impacto ambiental, este es mínimo comparado con las de uso convencional y no renovable antes mencionado.

Cuando se habla de energías renovables o energías limpias se hace referencia a las cuatro fuentes naturales disponibles. De ahí, es posible dividir las en:

**Energía hidráulica:** Es un tipo de energía limpia que aprovecha la fuerza de la caída del agua. Las instalaciones se ubican en las represas y usan el agua que se mantiene en pantanos o embalses como fuente de poder. Al caer, el agua circula por turbinas hidráulicas que, mediante la transmisión de energía a un alternador, la convierte en energía eléctrica.

**Energía eólica:** La fuente de poder es el viento. Por medio de molinos de viento o aerogeneradores, las corrientes de aire son aprovechadas y reconvertidas en electricidad. Como parte de la energía eólica, está la marina. Los parques eólicos de este subtipo se encuentran

## “EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”

16

dentro del mar.

**Energía solar:** La más popular y potente. La fuente de energía es el sol y provee energía mediante sus radiaciones electromagnéticas (rayos ultravioletas, calor y, por supuesto, la luz). La energía proveniente del sol se transforma en energía solar térmica (que se usa para obtener la calefacción y el agua caliente para uso sanitario) o solar fotovoltaica, entre otras.

**Energía geotérmica:** Es posible que sea la energía renovable menos conocida puesto que se encuentra debajo de la superficie del planeta. Al estar debajo de esa superficie y provenir del interior de la Tierra, esta energía se halla en forma de calor intenso asociado a fumarolas, géiseres, volcanes o aguas termales.

**Energía mareomotriz:** Las corrientes marinas y las mareas pueden producir electricidad. Dentro de este tipo de energía renovable se encuentra la undimotriz, producida directamente por las olas, o la maremotérmica, producida por el aprovechamiento de la energía térmica marina (la diferencia de temperaturas entre las aguas profundas y la superficie del mar).

**Biomasa:** La biomasa procede del aprovechamiento de materias orgánicas vegetales y animales o incluso de residuos agroindustriales. En este segmento, los residuos que proceden de la ganadería y la agricultura son la fuente de poder.

**Energía nuclear:** Se obtiene por la fisión de átomos de hidrógeno, aunque la que hoy en día se conoce más es la que se obtiene por la fisión de átomos de uranio.

**Hidrógeno:** este elemento muy común en el universo y se aprovecha para ser transformado en energía eléctrica. El único problema es que el hidrógeno no se encuentra en forma pura en el ambiente, por lo que necesita otras energías para apoyar en su proceso de obtención.

**Biocombustibles:** Utilizan productos como aceites o cereales para producir una alternativa al combustible del petróleo que hoy se conoce. La fermentación de plantas pasa a

## **“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

17

convertirse en bioetanol y la transformación de aceite, en biodiesel. Aun así, podría no ser tan ecológico como se defiende. Por ello, una nueva generación de biocombustibles está en camino, con el aprovechamiento de residuos y cultivos marginales.

El Ecuador se ha abastecido tradicionalmente de energía hidroeléctrica (renovable) combinada con un porcentaje de energía térmica (no renovable) proveniente de combustibles fósiles.

Desde principios del siglo pasado las poblaciones de la sierra contaban con pequeñas centrales hidráulicas construidas por los municipios, en cambio, a falta del recurso de caudal de agua y altura, los municipios de la costa desarrollaron pequeñas centrales térmicas que, en algunos casos, funcionaban solamente algunas horas por día. (Robles, 2016)

En el caso concreto de Ecuador, los planes vinculados al desarrollo de la Energía Eléctrica, a saber “Plan Maestro de Electricidad (2016-2025)”, el “Plan Maestro de Electrificación (2013-2022)” o el “Plan Nacional de Eficiencia Energética (2016-2035)” tienen como objeto principal propiciar el “Cambio de la Matriz Energética” que consiste en aumentar la potencia o capacidad de generación de energía eléctrica de forma eficiente y limpia para el medioambiente, garantizando el desarrollo sostenible de la Producción de electricidad (OLADE, 2017),

Para el año 2017 la producción de Energía Eléctrica de Ecuador fue de 28.049,846 GWh, de los cuales 20.084,37 GWh (71,6%) se obtuvo de fuente hidráulica. (Ministerio de Energía de Electricidad y Renovable, 2017)

En la tabla 1 se presenta la comparación de la proporción de la Producción de Energía Eléctrica Hidráulica entre el año 2009 y el año 2017.

**“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

Tabla 1: Generación de energía eléctrica en Ecuador (GWh)

Año	Total	Hidro	Térmica	Otros
2017	100%	71%	23%	6%
	28.049,85	19.915,39	6.451,46	1.682,99
2009	100%	51%	43%	6%
	24.774,32	12.634,90	10.652,96	1.486,46

Fuente: Ministerio de Energía de Electricidad y Renovable (2017)

Entre el año 2009 y el 2017 Ecuador dio un salto con la implantación del “Cambio de la Matriz Energética” como política de Estado, aumentado en ocho años 20% la producción de Energía Hidroeléctrica, esto supone un impacto en el ahorro de Energía Fósil y sus consecuencias medio ambientales, desde el 2017 el consumo eléctrico de la industria ecuatoriana en general es del 25.02% (7.018,07 GWH), compensando plenamente la demanda de energía eléctrica de ese sector con energía limpia, económica, accesible y en armonía con el medio ambiente.

Según datos de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), la energía hidroeléctrica suponía en 2014 el 14% de la producción mundial de electricidad. En este caso, la cuota de Ecuador respecto al total de energía hidroeléctrica producida en el mundo, sería en torno al 1,75%.

Según el informe de la agencia internacional de energía publicado por el consejo mundial de energía, para el 2014 (Agencia Internacional de Energia, 2014), Ecuador consumía 1.376,39 KWh siendo los sectores industrial, Comercial y Público los responsables del 57% del consumo de energía eléctrica, según consta en el BEN 2015, (Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016 -2034) lo que permite pensar en la necesidad de proyectar una estrategia para la producción de energía renovable hacia el sector industrial (Velez, 2019) .

## “EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”

19

Para la consecución de este fin, ya se está trabajando en los siguientes proyectos: Proyecto Hidroeléctrico Oyacachi.- (zona protegida ubicada en la Reserva Ecológica Cayambe – Coca) Proyecto Hidroeléctrico Saloya, Proyecto Eólico Huascachaca, Estudio de la biomasa en las Provincias de Pichincha, El Oro y Los Ríos entre otros proyectos de investigaciones del CIE.

También hay desarrollos de proyectos hidroeléctricos en los que interviene CONELEC la corporación para la Investigación Energética fundada en julio del 2002, que ha creado proyectos atractivos para la Energía Renovable, planta piloto de carbonización y gasificación de biomasa residual para producir electricidad, cañón de plasma de alta temperatura para gasificación de basura y biomasa, sistema de secado de granos asistido con energía solar y geotermia, investigación eólica en Manabí, Azuay, Loja, Cañar, Tungurahua y otros lugares del país, investigación de la biomasa residual en El Oro, Los Ríos, Pichincha y Azuay, desarrollo de pequeñas plantas hidroeléctricas (10 Mw), laboratorio de biotecnología para cultivo de micro algas orientado a la producción de biocombustibles, entre otros proyectos (Anthony, 2019).

El cuadro que sigue, presenta las nueve principales Centrales hidroeléctricas en Ecuador, construidas de acuerdo al Plan Maestro de Electrificación (Ortega, 2013).

Tabla 2: Principales centrales hidroeléctricas de Ecuador

<b>Central Hidroeléctrica</b>	<b>Generación (Mw)</b>
Coco Codo Sincalir	1.500
Sopladora	487
Minas de San Francisco	270
Toachi Pilaton	254

## **“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

20

Delsitanisagua	180
Quijos	50
Mazar Dudas	21
Manduriacu	65
<b>TOTAL MWh</b>	<b>2.827</b>

---

Fuente: Ortega (2013)

La política pública en el sector está orientada al “cambio de la matriz productiva”, y registra avances tanto en la normativa del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (COPCI), como en la producción de energía renovable y el consumo eficiente de la energía.

Por otro lado, el sector Industrial, enfocado en el uso eficiente de los recursos, ha implementado proyectos de cogeneración de manera limitada. Hasta la fecha, tres ingenios azucareros suministran energía eléctrica a partir de la cogeneración, San Carlos y Valdez, que iniciaron un proyecto con el bagazo de la caña para producir 47 MW, e incorporarlos a los 6.000 que ya producen al SIN con una capacidad total de 136,4 MW. Desde una perspectiva del desarrollo de la industria nacional para la producción de equipos eficientes, a partir del año 2012, se ejecutaron el Programa de renovación de equipos de consumo energético ineficiente sustitución de refrigeradoras y el Programa de eficiencia energética para cocción por inducción y calentamiento de agua con electricidad (PEC), en coordinación con el MIPRO.

De 2012 a 2015, el Ministerio de Energía Eléctrica Renovable (MEER) con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), ejecutó el proyecto Eficiencia Energética para la Industria (EEI), con el que se logró la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía (SGEN) en 39 empresas y la capacitación de 2 000

## **“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

21

técnicos a nivel nacional, quienes están preparados para la identificación de mejoras energéticas en los sistemas motrices eléctricos y de vapor. El proyecto tuvo como resultado una reducción en el consumo de energía eléctrica de 13.400 MWh/año y de 57.272 bep/año en combustibles (Castillo, 2016).

En concordancia con los datos elaborados por la ARCONEL (2019) , y presentados en el Taller “Fortalecimiento de las estadísticas básicas como apoyo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible”, Ecuador hasta el 2015 supera el 97% de suministro de servicio de energía eléctrica.

En el marco de la inversión privada para el desarrollo de la energía renovable en Ecuador se han presentado dos proyectos que demandarán una inversión de 400 millones de dólares por parte del sector privado, para la construcción de una planta de generación fotovoltaica cuya fuente sera la luz solar en la provincia costera de Manabí en su zona Oeste, y las fases II y III del proyecto eólico "Villonaco", que aprovechará el viento en una meseta de la provincia andina de Loja (sur), donde ya hay una primera etapa de molinos de aspas gigantes. (Soto, 2018)

El sector eléctrico ecuatoriano se caracteriza por ser el Estado el mayor inversionista dada la magnitud de las obras y el costo que ello implica, centralizando el sector y generando un diseño sostenible en el tiempo y en concordancia con las metas del milenio en materia ambiental establecidas por la ONU, de esta manera se han construido Centrales hidroeléctricas esparcidas por toda la geografía con inversión del sector privado nacional e internacional.

El proyecto fotovoltaico "El Aromo" de Manabí, según las especificaciones iniciales, tendrá una capacidad instalada teórica de 200 megavatios de potencia, al aprovechar la radiación solar en plano inclinado de 140 kilovatios cada hora por metro cuadrado al año, lo que reportaría una producción energética estimada en 280 gigavatios por hora al año (Ministerio de Energia Renovable, 2019)

## **“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

22

El Marco regulatorio del Ecuador para la utilización de los recursos renovables en la producción de energía limpia detalla lo siguiente la Constitución del Ecuador (2008):

Artículo 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.”

Artículo 313.- El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.”

Artículo 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables...

# **“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

23

## **Metodología**

Se efectuó una búsqueda en la base de datos Scopus, Riunet, Riemat y de organismos nacionales e Internacionales Onudi, Olade, Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador, Conelec, celec ep, Celec, Observatorio Latinoamericano de Energía, Ciex Onu, Onudi así mismo se realizó búsqueda de artículos sobresalientemente encontrados que se convinieran con las siguientes palabras claves; energía, renovable, industria, electricidad, la búsqueda fue delimitada del 2014 al 2020, los criterios de inclusión utilizados fueron: proyectos de energía renovable, industria, electricidad en Ecuador, el año de publicación, esta selección se consideró por la lectura de artículos o resumen, se excluyeron los artículos relacionados con energía fósil.

# “EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”

24

## Resultados.

Se revisaron en total 48 artículos y documento, relacionados con energía eléctrica, inversiones públicas y privadas generación hidroeléctrica consumo de energía industrial, con enfoque térmico, hidráulico, tal como se ilustran en la figura 1. Se seleccionaron aquellos documentos y artículos que cumplieron con los criterios de inclusión.

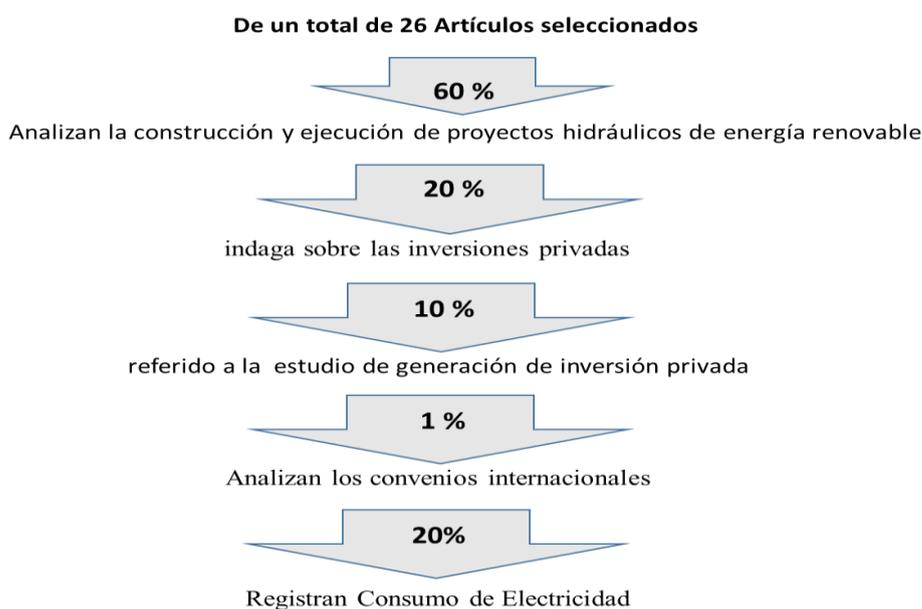


Figura 1. Artículos seleccionados

### A. Características de la producción de energía eléctrica

Se puede establecer las características de la generación de energía eléctrica a partir de las siguientes variables:

1.- De la fuente de generación

a.- Energía no renovable (fósil)

b.- Energía Renovable (Hidráulica, Solar, Eólica, Geotérmica, Mareomotriz, Biomasa, Nuclear, Hidrógeno, biocombustible).

## **“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

25

2.- De la Fuente de Financiamiento según Coviello (2016):

a.- Público

b.- Privado

c.- Mixta

d.- Energía renovable, de acuerdo a la investigación realizada la de uso más común, por sus características es la Hidráulica que produce de manera totalmente limpia al utilizar la fuerza del agua para mover las turbinas y generar el fenómeno eléctrico, el impacto económico es amortizable a largo plazo, no está sujeta a los vaivenes de precio de ningún combustible (el agua es renovable) y el mayor impacto ambiental es una sola vez al momento de represar y realizar la intervención en el espacio donde se establecerá la central de generación hidroeléctrica.

Ecuador posee una gran cuenca hidrográfica, alrededor de 2.000 ríos, estos nacen en la cordillera de los Andes y desembocan en el océano Pacífico, por las condiciones topográficas facilitan la construcción de centrales de producción de energía hidroeléctrica.

Actualmente existen nueve grandes centrales hidroeléctricas las cuales generan el 70% (2.827,00 GWH) de la Energía Eléctrica del Ecuador, siendo el consumo Eléctrico de la industria Ecuatoriana en general del 25,02% (7.018,07 GWH), de estos 7.018,07 GWH el 71% es producido hidroeléctricamente, lo cual significa un importante ahorro de Combustible fósil y una disminución significativa del impacto en el medio ambiente (Baird, 2013).

Por cada KWH producido a partir de energía renovable se ahorran 200 mililitros de Combustible fósil o petróleo, esto se traduce en el ahorro económico de la producción de Energía Eléctrica a partir de la energía hidroeléctrica y en un gran impacto positivo en el medio ambiente, la Energía Eléctrica producida hídricamente tiene un alto impacto positivo en el ahorro de energía fósil (petróleo) lo cual incide en el ahorro económico de los países

## **“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

26

Industrializados y de los países en general (Tronci & Otoy, 2020).

El medio ambiente se ve afectado de manera positiva con la producción hidroeléctrica, de acuerdo a la investigación abordada, se estima que el 41% (Baird, 2013) de las emisiones de gas carbónico y calor que van a la atmósfera son producto de la generación de energía eléctrica por combustible fósil, en el caso concreto de Ecuador estas emisiones van entre 241 y 397 gramos de CO<sub>2</sub> por KWH; producto del aumento en 71% de la generación hidroeléctrica estas emisiones han disminuido sustancialmente, produciendo un impacto ambiental positivo para el país y para el mundo en general, hoy se puede decir que Ecuador ha dado una gran contribución al planeta en materia ambiental y en la preservación de las distintas formas de vida que en él existen (Baird, 2013).

En la bibliografía consultada se coincide en las consecuencias positivas por la utilización de energía hídrica en la producción de energía eléctrica, tales como disminución del efecto invernadero, de la lluvia ácida, y del calor ambiental.

2.- Fuentes de financiamientos, por tratarse de grandes obras o mega obras, la inversión en la construcción de centrales hidroeléctricas y sus redes de transmisión desde las Centrales Hidroeléctricas hasta los grandes Centros Industriales requieren de grandes inversiones. (Gomelsky, 2003)

a.- Fuentes de financiamiento público, en el caso de Ecuador el Estado se reserva las políticas y el manejo de la Industria Eléctrica, las fuentes consultadas arrojan que, al menos las nueve centrales más grandes de Ecuador fueron financiadas mayoritariamente por el Estado Ecuatoriano, solamente entre el año 2011 y 2012 el Estado Ecuatoriano invirtió 2 mil millones de dólares en la construcción de distintos proyectos hidroeléctricos, y durante los años sucesivos se invirtió alrededor de 5 mil millones de dólares (COSIPLAN, 2014).

b.- Fuentes de financiamiento privado, el gobierno Ecuatoriano busca inversionista

## **“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

27

privados para el desarrollo de proyectos no convencionales (fotovoltaico) con una capacidad de 310 megavatios, en la estrategia de “cambio de matriz energética” esta inversión es por el orden de los 6 mil millones de dólares, se ha anunciado cinco proyectos más con la participación de la inversión privada: la Central hidroeléctrica Cardenillo, los proyectos hidroeléctricos Santiago y Chespi-Palma Real y Chontal, además de una planta generadora de ciclo combinado a gas natural (COSIPLAN, 2014).

c.- Fuentes de financiamiento mixta, en el caso de Ecuador esta se realiza a través de préstamos solicitados a Entidades financieras como el Eximbank de China, en 2015 se anunció un nuevo megaproyecto hidroeléctrico en la zona austral del Ecuador con los sectores privados de Europa y Asia, en la Central Hidroeléctrica Coca Codo que costó alrededor de 2.245 millones de dólares financiados por la empresa estatal china Sinohidro (Salgado, 2014), para la central hidroeléctrica Coca Codo se realizó un préstamo al Eximbank de China de 1.682 millones de dólares (Salgado, 2014).

La industria Ecuatoriana ha sido impactada de manera definitiva con el “Cambio de matriz Energética” implementado en la última década por el Estado Ecuatoriano, principalmente en cuanto al tema de la sustentabilidad, garantía y calidad del servicio de energía eléctrica, hoy por hoy el servicio de energía eléctrica de Ecuador es uno de los más confiables del mundo, lo que permite la continuidad de los procesos productivos de la industria Ecuatoriana sin ningún tipo de interrupción, además el Estado Ecuatoriano garantiza la energía eléctrica en el 45% fuente del territorio de la nación, permitiendo que la industria ecuatoriana se pueda desarrollar en esa parte del país sin necesidad de depender de otro tipo de generación distinta a la energía hidroeléctrica y pueda ser sometida a los riesgos y vaivenes propios de la producción termoeléctrica (CONELEC, 2017).

# “EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”

28

## **Discusión.**

La promoción de la producción y uso de la energía eléctrica que viene de fuentes de tipo renovable, está relacionado con los cambios en las condiciones globales en los puntos de vista ambiental, social y económico. La participación de la energía renovables en el desarrollo de la matriz energética considera: la generación de electricidad a través del aprovechamiento de los recursos naturales en proyectos hidroeléctricos, eólicos, biomasa y solares. El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable diseñar y ejecutar programas de energías renovables. En cambio, el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) se encarga de la regulación del sector eléctrico, encargándose de la aprobación de concesiones (Correa, González, & Pacheco, 2016).

La energía hidráulica es importante para el desarrollo y crecimiento económico del país, también fortalecer el déficit eléctrico. El Ecuador ha vivido una serie de crisis eléctricas, causadas por la falta de infraestructura y proyectos, por ello, en el Ecuador se priorizó en la generación de la matriz productiva desde el 2007 megainfraestructuras en diferentes sectores del país, con la finalidad de creación una serie de hidroeléctricas (Quinaluisa et. al, 2019). La construcción de diferentes centrales hidroeléctricas ha ayudado a la satisfacción de la demanda eléctrica en un 60% aproximadamente, así aprovechar en el uso de recursos naturales, con el fin de fortalecer el desarrollo sustentable y además garantizar un mejor servicio de energía eléctrica (Arciniega, Artieda, Andrade, & Yáñez, 2018).

El uso de energía hidroeléctrica es fundamenta y ayudará el fortalecimiento de la industria, siempre y cuando se de forma transparente con la finalidad de conseguir objetivos productivos, así prevenir los cortes que se daban en diferentes temporadas e incluso la venta a países vecinos, requiere de inversión, estabilidad socioeconómica y proyección hacia todo tipo de energía renovable, que aproveche la ubicación del Ecuador y sus diversos recursos naturales.

## **“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

29

### **Conclusiones.**

La energía eléctrica ha estado presente en Ecuador desde 1897 cuando se colocó en funcionamiento la primera planta de energía Eléctrica (en Loja Ciudad ubicada al sur), pero es a mediados del siglo XX cuando pasa a ocupar un papel predominante en el desarrollo económico, Social, político, cultural y en todos los aspectos del Ecuador.

Se ha demostrado en la investigación que la producción de energía eléctrica a partir de energía renovable hídrica es una necesidad perentoria ante las innumerables desventajas de la energía generada a partir de energía no renovable, la energía hidroeléctrica puede ser infinita, amigable con el ambiente, económica, segura y confiable, garantizando continuidad en el servicio eléctrico.

La política implantada por el Estado Ecuatoriano de “cambio de matriz energética” ha tenido un alto impacto en el sistema eléctrico nacional, se ha evidenciado en el desarrollo de la investigación como más del 70 % de energía eléctrica se genera con energía hidráulica.

Ecuador es el quinto país del mundo productor de energía eléctrica hídrica, lo cual lo convierte en una potencia en energía hidroeléctrica lo que le permite, a bajo costo de producción abastecer el mercado interno y exportar a otros países.

Se ha confirmado el impacto de la utilización de la Energía Hidroeléctrica desde el punto de vista ambiental, Ecuador ha logrado disminuir sus emisiones de Gas Carbónico y la generación de calor hacia la atmosfera, realizando una gran contribución con la preservación de la atmosfera y del medio ambiente, además de un significativo ahorro en combustible fósil (fundamentalmente petróleo) que se coloca en los mercados internacionales y representan un importante ingreso nacional.

## **“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

30

### **Recomendaciones**

Fortalecer los diferentes proyectos de energía hidráulica en el Ecuador desde los sectores sociales y productivos, con base a una normativa ambiental clara y sustentable, que facilite la inversión, la planificación y la estructuración de diferentes opciones en zonas del país que han probado contar con el recurso del agua.

Protege el agua a través de proyectos sustentables, que eviten y prevengan la contaminación de los diferentes afluentes de los cuales nace los proyectos hidroeléctricos, basado en trabajar con la comunidad en cada programa y establecer riesgos con información clara y transparente para los ciudadanos ecuatorianos.

Acompañar los proyectos de energía hidráulica con otros que fomente energías renovables desde la eólica y la solar, que son buenas opciones, por la posición y ubicación del Ecuador, que muestra las opciones que tiene el país con el objetivo de fortalecer su matriz productiva en el campo de la energía eléctrica.

# “EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”

1

## Referencias

- Agencia de regulación y control de electricidad de Ecuador. (2015). *Marco jurídico del sector eléctrico de Ecuador: leyes*. Quito: ARCONEL.
- Agencia Internacional de Energía. (2014). *Informe Anual Consumo de Energía*. Paris: Banco Mundial.
- Albornos, E. (2015). *Informe cme 2016*. Consejo Mundial de Energía, Capítulo Ecuador. Ecuador: Consejo Mundial de Energía.
- Anchundia, S. (Jul.-Dic. de 2018). Causas y Efectos que Impulsaron la Innovación. *RIEMIAT*, 3(2), 4. Recuperado el 01 de julio de 2020, de [www.celec.gob.ec/hidropaute/perfil-corporativo/](http://www.celec.gob.ec/hidropaute/perfil-corporativo/)
- Anthony, A. (noviembre de 2019). Realidad actual del sector eléctrico ecuatoriano. *RIEMAT*, 4(1), 5. Recuperado el 28 de junio de 2020, de <https://www.ariae.org/sites/default/files/2017-04/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf>
- Arciniega, M., Artieda, A., Andrade, P., & Yáñez, Y. (2018). *Centrales hidroeléctricas del Ecuador*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Baird, C. (2013). *Química ambiental* (Vol. 2). España: Reverte.
- Castillo, V. (2016). *Eficiencia energética*. Quito: MEER.
- CONELEC. (2017). *Estadísticas del sector eléctrico Ecuatorino*. Quito: MEER.
- Constitución de la República del Ecuador. (20 de Octubre de 2008). *Registro Oficial 449*.  
Obtenido de [http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf)
- Correa, P., González, D., & Pacheco, J. G. (2016). Energías renovables y medio ambiente. Su regulación jurídica en Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3), 179-183.

**“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

2

Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s2218-36202016000300024](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2218-36202016000300024)

COSIPLAN. (2014). *financiamiento proyecto Chontal* . Buenos Aires: unasur.

Coviello, M. (2016). *Financiamiento y regulacion de las fuentes de energia renovables+*. Santiago de Chile: celac.

Gomelsky, R. (2003). *Energía y desarrollo, posibilidades de financiamiento*. Santiago de Chile: CEPAL.

Hidrovo, A. (2019). *Metodología para la determinación del desempeño ambiental neto de la generación hidroeléctrica*. Energia Electrica de Ecuador, Generación. Zaragoza: Zaragoza.

Ministerio de Energia de Electricidad y Renovable. (2017). *Agencia de Regulacion y de Control de ElectricidadL*. Quito: MEER.

Ministerio de Energia Renovable. (2019). *proyectos en El Aromo, Manabi*. Ministerio de Energia Renovable. Quito: meer.

OLADE. (2017). “Plan Nacional de Eficiencia Energética (2016-2035)”. Quito, Ecuadoc: MEER, BID. Recuperado el 28 de junio de 2020, de <https://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal>

Ortega, J. (2013). *40 años de hidroenergia en el Ecuador*. FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES. Quito: Flacso.

Pacheco, F. E. (2018). *Modelo de gestion estrategica para la industria de energias renovables bajo el escenario de cambio de la matriz energetica del Ecuador*. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, Área de Gestión. Quito: Repositorio institucional UASB-Digital.

Posso, F. (2014). "Estudio del desarrollo de las energías". *DIALNET*, vol. 4(no. 1), 148.

**“EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR”**

3

Recuperado el 28 de junio de 2020, de <https://gruposinelec.com/energias-renovables-tipos-y-caracteristicas/>

Quinaluisa, C. O., Peralta, K. V., Solano, A. P., Gallo, A. G., Villalva, Á. J., & Zambrano, F. (2019). Energía hídrica en el Ecuador. *Ciencia Digital*, 3(2 – 6 ), 219 - 237.

Robles, C. (2016). *modelo de gestión comercial de energía eléctrica en el Ecuador* (Vol. vol. 2). Cuenca, Ecuador: Universitaria Cuenca. Recuperado el 27 de junio de 2020, de [www.celec.gob.ec/termopichincha/index.php/noticias/206](http://www.celec.gob.ec/termopichincha/index.php/noticias/206)

Salgado, D. (2014). *Cooperación energética China-Ecuador*. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar.

Soto, C. (20 de junio de 2018). *Energías Renovables, Sustentables, y Sostenibles*. Quito: Artículos Eólicos. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://www.energias-renovables.com/eolica/el-parque-eolico-villonaco-cumple-6-anos-20190707>

Tronci, P. F., & Otoyá, M. G. (2020). Calculadora de Equivalencias de Energía y Trabajo. Recuperado el 27 de junio de 2020, de [www.translatorscafe.com/unit-converter/es-ES/energy](http://www.translatorscafe.com/unit-converter/es-ES/energy)

Velez, B. (29 de junio de 2019). Realidad actual del sector eléctrico ecuatoriano. *RIEMAT*, 4(1), 5.