



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
INGENIERIA MEANICA EN ENERGIA Y CONTROL

**Trabajo de fin de Carrera titulado:**

PROPUESTA DE USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALÁPAGOS PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

**Realizado por:**

Johanna Margarita Calle Moncayo

**Director del proyecto:**

Ing. Edilberto Llanes Cedeño, Ph.D.

**Como requisito para la obtención del título de:**

**INGENIERO EN MECANICA EN ENERGÍA Y CONTROL**

QUITO, 26 AGOSTO del 2021

## DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Johanna Margarita Calle Moncayo, ecuatoriana, con Cédula de ciudadanía N° 171691090-4, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



---

Johanna Margarita Calle Moncayo

C.I.: 171691090-4

## **DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



-----  
**Ing. Edilberto Llanes Cedeño, Ph.D.**

**LOS PROFESORES INFORMANTES:**

Ingeniero Javier Martínez Gómez, PhD.

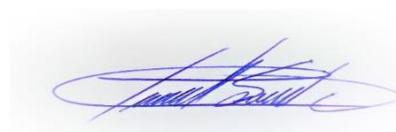
Ingeniero Paolo Alejandro Salazar Alvear.

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.



---

Ing. Javier Martínez Gómez, PhD.



---

Ing. Paolo Alejandro Salazar Alvear.

Quito, 26 de Agosto de 2021

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



---

Johanna Margarita Calle Moncayo

C.I.: 1716910904

## **DEDICATORIA**

A Dios por Brindarme salud, sabiduría y fuerza para seguir adelante.

A mis padres Wilson Calle y Martha Moncayo por su amor, apoyo, dedicación y ser un pilar fundamental para poder llegar a este punto en mi carrera, con sus palabras de aliento nunca bajaron los brazos para que yo tampoco lo haga.

A mi esposo Diego Maldonado, por su dedicación, abnegación e infinito amor, tu ayuda ha sido esencial en este proyecto, no fue fácil pero tu motivación me dió el empuje para lograrlo.

A mi hijo Liam Maldonado, quien es mi fortaleza, el pequeño ser que da sentido a mi vida, fuiste y eres mi aliciente más grande para concluir con éxito este proyecto de tesis.

A mi hermana Carla Calle y mi mamita Mary que esta en el cielo gracias por su apoyo para culminar mi carrera y a toda mi familia.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco de todo corazón a todas las personas que me apoyaron durante los años de estudio en especial al Ing. Edilberto Llanes, gracias por el conocimiento impartido su paciencia y dedicación en la elaboración de mi tesis por haber aceptado ser mi guía y apoyo. Gracias a mis lectores Ing. Paolo Salazar y el Ing. Javier Martínez por haber compartido su conocimiento y su tiempo, Gracias Ing. Jaime Molina por la colaboración brindada académicamente, Ing. Juan Carlos rocha gracias por darme la fuerza que necesitaba para cumplir esta meta alcanzada y a todos los docentes que formaron parte de mi vida académica , gracias por todo.

# **PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

## **Resumen.**

El uso de las tecnologías renovables para la generación de electricidad es una alternativa que aporta a la sostenibilidad energética y ambiental de las regiones y países. El presente estudio tuvo como objetivo general, proponer la tecnología renovable en la generación de electricidad en el archipiélago Galápagos por medio del método multicriterio para la selección de la mejor alternativa. La metodología empleada es sustentada con una investigación exploratoria apoyada revisión documental para conocer el potencial energético renovable existente en las islas Galápagos y a partir de ahí aplicar los métodos multicriterios AHP, ELECTRE y TOPSIS; los resultados obtenidos por los tres métodos indican que la tecnología renovable más adecuada y la que genera más energía eléctrica es la Tecnología Eólica, seguida por la Tecnología Fotovoltaica y en tercer lugar la Tecnología Térmica Dual, demostrándose que las islas son ricas en recursos renovables los cuales pueden ser potenciados para evitar la dependencia de combustible fósil evitando de esta manera accidentes ecológicos que afecten a la fauna y flora de Galápagos.

**Palabras clave:** Tecnología Renovable, Tecnología Eólica, Tecnología Fotovoltaica, Tecnología Térmica Dual Método Multicriterio, Método AHP, Método Electre, Método TOPSIS Medio Ambiente, Recurso Inagotable.

# **PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

## **Abstract**

The use of renewable technologies for the electricity generation is an alternative that contributes to the energy and environmental sustainability of regions and countries. The present study had the general objective of proposing renewable technology in the generation of electricity in the Galapagos Island by means of the multi-criteria method for the selection of the best alternative. The methodology used is supported by an exploratory research supported by a documentary review to know the renewable energy potential existing in the Galapagos Islands and from there apply the multi-criteria AHP, ELECTRE and TOPSIS methods; The results obtained by the three methods indicate that the most suitable renewable technology and the one that generates the most electrical energy is Wind Technology, followed by Photovoltaic Technology and thirdly Dual Thermal Technology, showing that the islands are rich in renewable resources. which can be strengthened to avoid dependence on fossil fuel, thus avoiding ecological accidents that affect the fauna and flora of Galapagos.

**Keywords:** Renewable Technology, Wind Technology, Photovoltaic Technology, Dual Thermal Technology, Multi-criteria Method, AHP Method, Electre Method, TOPSIS Environment Method, Inexhaustible Resource.

# PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

## Introducción.

Cada tecnología renovable cumple un papel importante en la parte técnica y económica ayudando a generar electricidad y evitando la contaminación ambiental complementándose unas con otras para suministrar energía a la población prestando un servicio concreto en costo y seguridad de suministro, tomando en cuenta que éstas tecnologías pueden incrementar o reducir su producción de una manera rápida (Cubillos & Estenssoro Saavedra, 2011).

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable busca la implementación de programas de utilización de tecnologías renovables las cuales ayudarían a eliminar todas las energías no renovables que están acabando con las islas. Gracias a la población y autoridades hoy en día esto está siendo una realidad ya que el archipiélago cuenta con parques eólicos, energía fotovoltaica, Energía Térmica Dual y de esta manera tratar de eliminar en su mayoría el uso de combustibles fósiles (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2021).

La presente investigación tiene el objetivo de Proponer la tecnología renovable en la generación de electricidad en el archipiélago Galápagos por medio del método multicriterio para la selección de la mejor alternativa.

Para cumplir con el objetivo general antes mencionado se llevará a cabo los siguientes objetivos específicos:

1. Investigar las Tecnologías Renovables en generación eléctrica actualmente operativas en las Islas Galápagos por medio de la investigación exploratoria para la contabilización del potencial generado.

## **PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

2. Analizar los potenciales energéticos renovables disponibles en las Islas Galápagos por medio de estudios previos y datos disponibles en internet para las propuestas de las tecnologías renovables en la generación de electricidad.
3. Selección de las tecnologías renovables en la generación de electricidad más adecuada por medio de método de multicriterio, para su futura implementación.

A partir de lo anteriormente mencionado, la toma de decisiones está presente en el diario vivir siendo muchas veces un problema tomar una decisión sin una técnica que ayude a la decisión de la misma. Así cuando el decisor tiene un conflicto para tomar una decisión se emplea los métodos multicriterios (MCDM, Multi-criterio decisión marking), las cuales fueron utilizadas para encontrar la mejor decisión entre un conjunto de alternativas.

### **Centrales de Generación**

#### **Centrales de Generación Térmica Convencionales**

Son centrales de generación que producen electricidad con recursos naturales como el agua y artificiales como combustible fósil, su tecnología hace uso de combustibles los cuales al quemar producen vapor mediante el turbinado, se llaman convencionales porque tradicionalmente se ha hecho uso de ellas para producir electricidad (Arnedillo, 2007)

#### **Tabla 1**

##### *Balance de Central Térmica Convencional*

<b>Potencia Nominal en Generación de</b>	<b>Potencia Efectiva en Generación de</b>	<b>Producción Total de Energía e Importaciones</b>	<b>Producción Total de Energía e</b>	<b>Energía Entregada para Servicio Público</b>
--	---	--	--------------------------------------	--

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

<b>Energía Eléctrica</b>	<b>Energía Eléctrica</b>		<b>Importaciones S.N.I.</b>	
2,037.95 MW	1,638.61 MW	4,486.24 GWh	741.85 GWh	803.00 GWh
23.46%	20.30%	14.00%	2.65%	3.04%

*Nota:* Balances de energía reportados por las diferentes empresas distribuidoras, la presente información está en permanente actualización por lo que puede estar sujeta a cambios, (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2021).

**Centrales de Generación Hidráulica**

A través de un generador acoplado a una turbina, esta tecnología provecha la energía generada por el movimiento que circula del agua y se transforma en energía eléctrica (Ucha, 2014).

**Centrales de Generación Térmica de ciclo combinado:**

Esta tecnología de alta eficiencia combina una turbina de gas para después ocupar una turbina de vapor para convertir la energía térmica de gas en electricidad siendo una tecnología con menos emisiones de CO<sub>2</sub> para el ambiente (Sociedad E. &., 2007)

**Tabla 2**

*Balance de Central Térmica Convencional*

<b>Potencia Nominal en Generación de Energía Eléctrica</b>	<b>Potencia Efectiva en Generación de Energía Eléctrica</b>	<b>Producción Total de Energía e Importaciones</b>	<b>Producción Total de Energía e Importaciones S.N.I.</b>	<b>Energía Entregada para Servicio Público</b>
--	---	--	---	--

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

882.55 MW	743.60 MW	1,117.74GWh	838.64 GWh	817.74 GWh
10.16%	9.21%	3.49%	3.00%	3.10%

*Nota:* Balances de energía reportados por las diferentes empresas distribuidoras, la presente información está en permanente actualización por lo que puede estar sujeta a cambios, (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2021)

### Centrales de Generación Renovables

Son centrales de generación que producen Energía Renovable, que es aquellas que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o por ser capaces de regenerarse por medios naturales para generar electricidad (Spiegeler, 2016).

Hay que destacar unas características importantes de las energías renovables

- ✓ Su aprovechamiento provoca una afección muy baja al medioambiente.
- ✓ No se generan residuos.
- ✓ Son fuentes de energía ilimitadas, por ello también se las conoce como fuentes de energía inagotables, ya que no se agotan con su consumo.

Las Energías Renovables se clasifican en Energías Renovables Convencionales y Energías Renovables No Convencionales. Dentro de las primeras se considera a las grandes centrales hidroeléctricas; mientras que dentro de las segundas se ubica a las generadoras eólicas, solares fotovoltaicos, solares térmicas, geotérmicas, mareomotrices, de biomasa y las pequeñas hidroeléctricas. (Spiegeler, 2016)

### Clasificación de Tecnologías renovables

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

**Tecnología de Generación Solar:** Consiste en la transformación de la radiación solar en energía eléctrica a partir de materiales semiconductores, las instalaciones de estas energías pueden producir hasta 50MW, se puede aprovechar de dos maneras:

- **Tecnología Solar Termoeléctrica:** Aprovechada a través del calentamiento de un fluido mediante la energía del sol para obtener energía eléctrica. (Sociedad E. &., 2007).
- **Tecnología Solar Fotovoltaica:** Se produce energía eléctrica mediante las células fotovoltaicas, que están fabricadas a partir del silicio, uno de los metaloides más abundantes en el mundo. Las partículas de la luz del Sol, llamadas fotones, impactan en una de las caras de la célula fotovoltaica produciendo una corriente eléctrica que se usa como fuente energética (Daniel Schmerler Vainstein, 2019).

**Tabla 3**

*Balance de Central Térmica Convencional*

<b>Potencia Nominal en Generación de Energía Eléctrica</b>	<b>Potencia Efectiva en Generación de Energía Eléctrica</b>	<b>Producción Total de Energía e Importaciones</b>	<b>Producción Total de Energía e Importaciones S.N.I.</b>	<b>Energía Entregada para Servicio Público</b>
27.63MW	26.74MW	37.04GWh	32.64GWh	36.47GWh
0.32%	0.33%	0.12%	0.12%	0.14%

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

*Nota:* Balances de energía reportados por las diferentes empresas distribuidoras, la presente información está en permanente actualización por lo que puede estar sujeta a cambios, (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2021).

- **Tecnología eólica:** Se produce electricidad a partir de la energía cinética del viento, esta tecnología forma parques eólicos a partir de la agrupación de varios aerogeneradores que pueden superar los 100 MW, se favorecen así mismo en el autoabastecimiento, siendo la energía eólica una variante de la energía solar, pues se deriva del calentamiento diferencial de la atmósfera y de las irregularidades de relieve de la superficie terrestre. Sólo una pequeña fracción de la energía solar recibida por la Tierra se convierte en energía cinética del viento y sin embargo ésta alcanza cifras enormes, superiores en varias veces a todas las necesidades actuales de electricidad. La energía eólica podría proporcionar cinco veces más electricidad que el total consumido en todo el mundo, sin afectar a las zonas con mayor valor ambiental (Santamarta, 2019).

**Tabla 4**

*Balance de Central Térmica Convencional*

<b>Potencia Nominal en Generación de Energía Eléctrica</b>	<b>Potencia Efectiva en Generación de Energía Eléctrica</b>	<b>Producción Total de Energía e Importaciones</b>	<b>Producción Total de Energía e Importaciones S.N.I.</b>	<b>Energía Entregada para Servicio Público</b>
21.15MW	21.15MW	83.21GWh	77.71GWh	81.18GWh
0.24%	0.26%	0.26%	0.28%	0.31%

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

*Nota:* Balances de energía reportados por las diferentes empresas distribuidoras, la presente información está en permanente actualización por lo que puede estar sujeta a cambios, (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2021)

- **Tecnología de la Biomasa:** La biomasa se forma a partir de la luz solar mediante un proceso denominado fotosíntesis vegetal, Es similar a una central térmica donde las plantas que contienen clorofila transforman sustancias sin valor energético en compuestos orgánicos de alta energía pueden generar de 30 a 40 MW (Jarabo, 1988).La biomasa se divide en dos grupos húmeda, que se obtiene con una humedad mayor al 60%; y seca, con una humedad menor al 60% (Energía, 2008).

**Tabla 5**

*Balance de Central Térmica Convencional*

<b>Potencia Nominal en Generación de Energía Eléctrica</b>	<b>Potencia Efectiva en Generación de Energía Eléctrica</b>	<b>Producción Total de Energía e Importaciones</b>	<b>Producción Total de Energía e Importaciones S.N.I.</b>	<b>Energía Entregada para Servicio Público</b>
144.30MW	136.40MW	423.90GWh	423.90GWh	185.08GWh
1.66%	1.69%	1.32%	1.52%	0.70%

*Nota:* Balances de energía reportados por las diferentes empresas distribuidoras, la presente información está en permanente actualización por lo que puede estar sujeta a cambios, (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2021).

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

- **Tecnología Hidráulica:** Es la energía que tiene el agua cuando se mueve a través de un cauce o cuando se encuentra embalsada (energía potencial) a cierta altura y se dejar caer para producir energía eléctrica (INGFOCOL, 2015).

**Tabla 6**

*Balance de Central Térmica Convencional*

<b>Potencia Nominal en Generación de Energía Eléctrica</b>	<b>Potencia Efectiva en Generación de Energía Eléctrica</b>	<b>Producción Total de Energía e Importaciones</b>	<b>Producción Total de Energía e Importaciones S.N.I.</b>	<b>Energía Entregada para Servicio Público</b>
5,076.40MW	5,046.63MW	24,691.89GWh	24,670.79GWh	23,410.55GWh
58.45%	62.51%	77.07%	88.23%	88.62%

*Nota:* Balances de energía reportados por las diferentes empresas distribuidoras, la presente información está en permanente actualización por lo que puede estar sujeta a cambios, (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2021).

- **Tecnología Geotérmica:** La energía geotérmica aprovecha el calor almacenado en el interior de la superficie sólida de la Tierra, incluyendo el calor de las rocas, suelos y aguas, a diferentes temperaturas y profundidades siendo uno de los más importantes después del sol. (Guillermo Llopis Trillo, 2008).
- **Tecnologías del mar:** Constituyen un mayor colector solar mediante las diferentes tecnologías se convertiría en un enorme potencial de generación eléctrica, dentro del mar se tiene diferentes temperaturas, corrientes marinas, oleaje, etc dando lugar a diferentes tecnologías:

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGÍAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

- **Tecnologías Undimotriz:** Energía producida por el movimiento de las olas. Existen diferentes sistemas que convierten la energía undimotriz en energía eléctrica los cuales se pueden clasificar en fijos o flotantes.
  - ✓ **Fijos:** Estos dispositivos son los que rompen olas o están fijos al lecho marino en aguas poco profundas.
  - ✓ **Flotantes:** Se encuentran flotando en el océano ya sea cerca o lejos de la costa. (Adaros, 2014).
- **Tecnologías Mareomotriz:** Aprovecha el movimiento de las mareas (ascenso y descenso de las aguas del mar), formadas en los océanos a partir de la rotación de la Tierra y la atracción de la gravedad que ejercen sobre la misma, la Luna y, en menor cantidad, el Sol. Posee un alto potencial energético; sin embargo, presenta altos costos de instalación y genera impacto visual en el paisaje costero (Calvo, 2013).
  - **Tecnologías de las corrientes:** Obtenida de las corrientes marinas basada en la energía cinética con flujo constante o predecible (Sociedad E. &., 2007).
  - **Tecnologías Maremotérmica:** Obtenida por el grado de penetración del calor del sol en el mar provocando las diferentes temperaturas entre la superficie y aguas profundas (Sociedad E. &., 2007).

### Tecnologías Renovables en el Mundo

Cada día toma más fuerza la utilización de Tecnologías renovables en el mundo ya que han sustituido a los combustibles fósiles y fácilmente ha entrado en competencia con los mismos, han eliminado en un alto porcentaje la emisión de CO<sub>2</sub> siendo la cuarta fuente en consumo de energía primaria en el mundo, según las estadísticas de capacidad renovable 2020 la energía

## **PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

renovable creció en un 7,6 %, representando el 72 % de toda la expansión energética , tomando en cuenta que es un gran desafío en algunos sectores como industria , transporte, etc.

El crecimiento rápido de la utilización de Tecnologías renovables en el mundo tiene un objetivo principal el cambio climático en el mundo, además de generar fuentes de empleo y estabilizar la economía de cada país transformándose en un motor indispensable de energía mundial, los países que aprovechen al máximo sus recursos naturales para obtener energía eléctrica tendrán beneficios de desarrollo sostenible y climáticos, tomando en cuenta que algunas regiones en el mundo son indispensables para cada una de estas energías.

Según Jacobson y Delucchi, (2011) determinó que las fuentes tanto solares, viento y agua llegarían a reemplazar totalmente las energías renovables en el año 2050 y abastecer de energía a todo el mundo en el año 2030.

Hay que tomar en cuenta que estas energías requieren de costos tanto de inversión como diario, ya que los recursos naturales se encuentran disponibles en todo el mundo para la generación de energía eléctrica, con una visión al futuro las energías renovables ayudaran a la población a obtener un beneficio a menor costo que los combustibles fósiles los mismos que elevaran su precio por su rápido consumo y difícil extracción (Fuentes de energía Renovable y Mitigación del cambio climático, 2018).

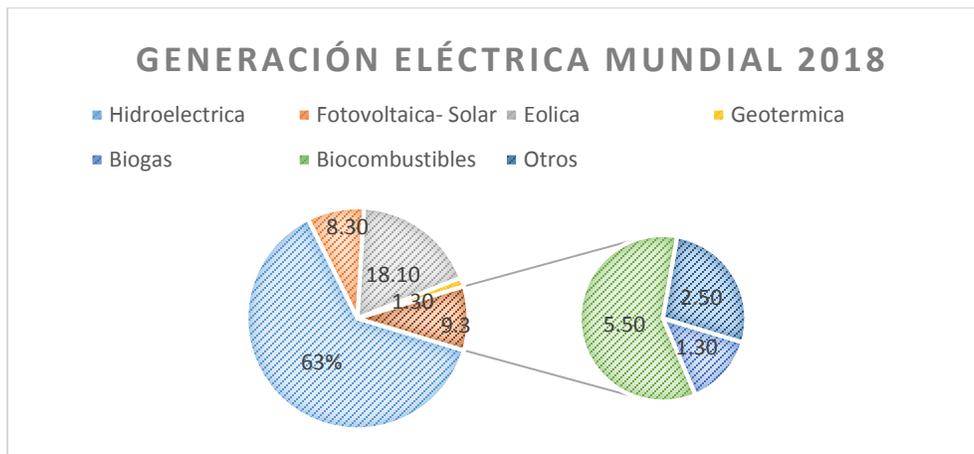
La demanda de los suministros de combustibles fósiles se obtienen con mayor facilidad en comparación de los suministros de recursos renovables lo cual ocasiona un alto costo en los mismos, el clima no es igual todo los días puede variar en el tiempo, algunos días el sol no aparecerá, el viento no soplará , entre otros; así mismo se toma en cuenta que en verano el sol dispone de más radiación y en invierno los vientos soplarán con más frecuencia si se combina

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

estas dos energías se puede obtener energía eléctrica más consistente en el mundo , hay que tomar en cuenta que las energías renovables son precursoras del desarrollo mundial, países desarrollados y subdesarrollados ya están implementando las utilización de las mismas para aumentar su seguridad energética (Fuentes de energía Renovable y Mitigación del cambio climatico, 2018).

### Figura 1

*Generación eléctrica Mundial 2018.*

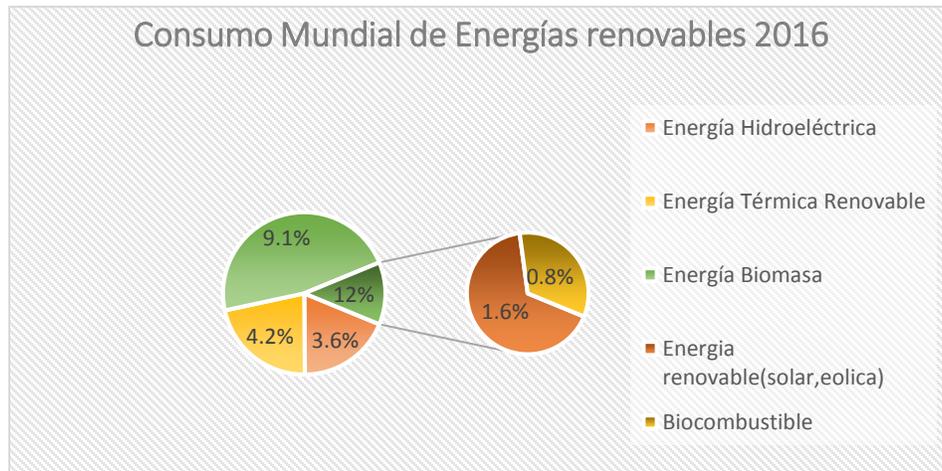


*Nota:* Datos expresados en porcentaje de Generación eléctrica, Agencia Internacional de Energías Renovables IRENA 2018

### Figura 2

*Consumo Mundial De Energías Renovables 2016.*

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.



*Nota:* Datos en porcentaje del Consumo Mundial de Energías Renovables, REN21 (2017).

### Energía Renovable en Ecuador

#### Energía renovable más Limpia en Ecuador

Según ARCONEL el Ecuador se encuentra en quinto puesto de seguridad energética a pesar de poseer un gran desafío en el desarrollo de tecnologías renovables su meta es alcanzar el 93% de energía limpia, logrando hasta el momento solo el reemplazo del 51.78 % de combustibles fósiles representando 13.638,89 GWh.

Por esta razón el órgano rector del sector eléctrico MEER ayuda a la producción mediante proyectos que incentiven al desarrollo de estas energías para convertir al Ecuador en un país menos dependiente de petróleo y cambiar totalmente la matriz energética (López, 2019).

#### Datos Geográficos

Las islas Galápagos se encuentran ubicadas en América del Sur, al este el cabo San Lorenzo que dista 128 km de la Isla San Cristóbal, al norte la isla más cercana es la Isla de Cocos que dista 870 Km de la Isla Darwin ,ubicada en el pacifico occidental con una coordenada de 0°40'00"S 90°33'00"O (Turismo, Geografía del Ecuador, 2019).



## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

Grandes	7
Medianas	14
Rocas e Islotes	107

*Nota:* Datos Geográficos, número de islas y población de las islas Galápagos (Turismo, Geografía del Ecuador, 2019).

### Tabla 8

#### *Población Islas Galápagos*

ISLA	RURAL	URBANO	URBANO Y RURAL
Isla San Cristóbal	803	6.672	7.475
Isla Santa Cruz	3.419	11.974	15.393
Isla Isabela	164	2.092	2.256
<b>TOTAL:</b>			<b>25.124</b>

*Nota:* Población Total Urbana y Rural de las Islas Galápagos (INEC, 2015).

### Proyectos de tecnologías Renovables en Galápagos

La empresa ELECGALAPAGOS con el proyecto cero combustibles fósiles para Galápagos, junto con el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable llevan a cabo los siguientes proyectos:

- Proyecto eólico Santa Cruz- Baltra
- Proyecto Fotovoltaico Puerto Ayora
- Proyecto Fotovoltaico y Baterías Baltra
- Proyecto Sistema Hibrido Isabela

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

- Proyecto Sistema Hibrido Floreana

**Tabla 9**

*Potencia Efectiva Islas Galápagos*

<b>Tecnología Renovable</b>	<b>Isla Santa</b>				<b>Total</b>
	<b>Isla San Cristóbal</b>	<b>Cruz / Baltra</b>	<b>Isla Isabela</b>	<b>Isla Floreana</b>	
Fotovoltaica (MW)	0.01	1.6	0.95	0.02	2.58
Eólica (MW)	2.4	2.25	-	-	4.65
Térmica (MW)	7.19	11.85	2.1	0.24	21.38

*Nota: Potencia efectiva generada en las diferentes islas del Archipiélago de Galápagos (ELECGALÁPAGOS S.A, 2018).*

**Tabla 10**

*Tanques de combustible*

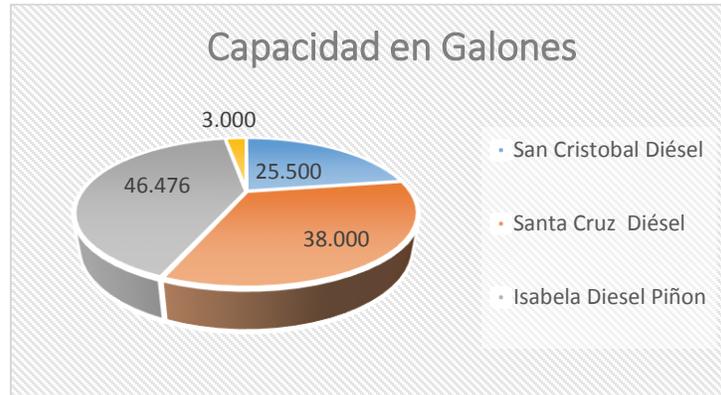
<b>Central Térmica</b>	<b>San Cristóbal</b>	<b>Santa Cruz</b>	<b>Isabela</b>	<b>Floreana</b>
Combustible	Diésel	Diésel	Diésel Piñón	Diésel Piñón
Capacidad en Galones	25.500	38.000	46.476 16.000	3.000 3.100
Subtotal Diésel	112.976	<b>TOTAL</b>	<b>132.076</b>	
Subtotal Piñón	19.1			

*Fuente: (ELECGALÁPAGOS S.A, 2018).*

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

**Figura 4**

*Capacidad de Galones de Diésel en las diferentes Islas del Archipiélago de Galápagos.*



*Nota:* Galones distribuidos anualmente en las diferentes Islas del Archipiélago de Galápagos, ELECGALAPAGOS S.A Diciembre (2018).

**Tabla 11**

*Matriz Generación Eléctrica Anual*

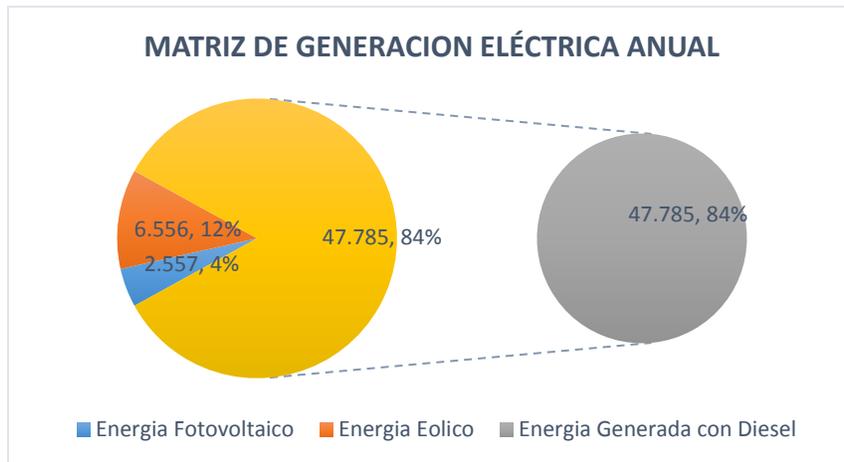
<b>Tecnología</b>	<b>MW</b>
Fotovoltaico	2.557
Eólico	6.556
Generada con Diésel	47.785

Fuente: (ELECGALÁPAGOS S.A, 2018).

**Figura 5**

*Matriz de Generación Anual del Archipiélago de Galápagos.*

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**



*Nota:* Porcentaje de Generación Eléctrica Distribuida Anualmente a las diferentes islas del Archipiélago de Galápagos, ELECGALAPAGOS S.A Diciembre (2018).

**Generación Isla San Cristóbal**

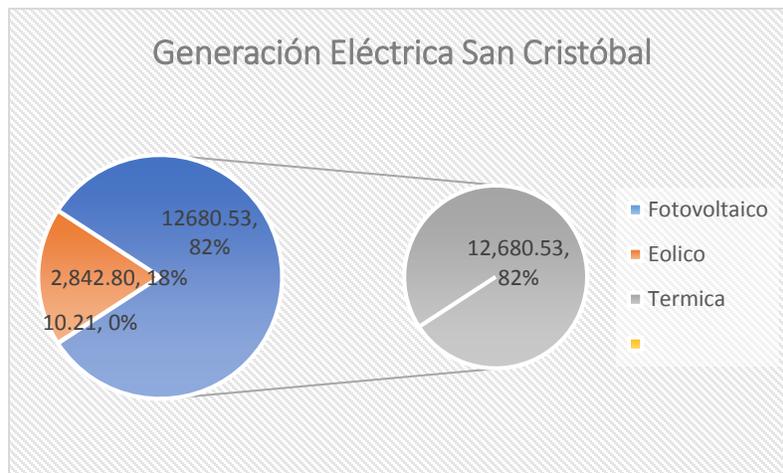
- **Eólico:** 2.4MW ,3 aerogeneradores de 0.8 MW cada uno, genera 2.842.80 MWh. Con un costo de \$ 9'841.167.
- **Fotovoltaico:** Potencia instalada 0.013MW, genera 10.21 MWh.
- **Central Térmica:** Potencia instalada 8.99 MW, Potencia Efectiva 7.19 MW.

**Aporte de generación térmica:** 81.63%

**Figura 6**

*Matriz de Generación Eléctrica Isla San Cristóbal.*

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.



*Nota:* Porcentaje entregado de generación eléctrica a la Isla San Cristóbal, ELECGALAPAGOS S.A Diciembre (2018).

### ISLA SANTA CRUZ / BALTRA

Isla interconectada con la Isla Baltra mediante una línea de 34.5 Kv, recorriendo una distancia de 54.1 Km.

- **Parque Eólico Baltra:** Potencia Instalada 2.25MW, 3 aerogeneradores de 0.75 MW, con un costo de \$ 26 millones.
- **Parque Fotovoltaico Puerto Ayora:** Potencia Instalada de 1.5 MW, cuenta con sistemas fotovoltaicos pequeños sumando una potencia instalada de 0.03 MW, con un costo de \$10.6 millones.
- **Parque Fotovoltaico Baltra:** Potencia instalada de 0.07MW, sistema de almacenamiento de baterías Ion-litio de 500KW; 268.07 KWH estabiliza las variaciones de generación y banco de baterías plomo- ácido 500KW; 4.032 KWh ayudan al almacenamiento y despacho de energía eléctrica, con un costo de \$ 10.4 millones

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

- **Central Térmica Santa Cruz:** Potencia Instalada de 14.81 MW, Potencia Efectiva de 11.85 MW.

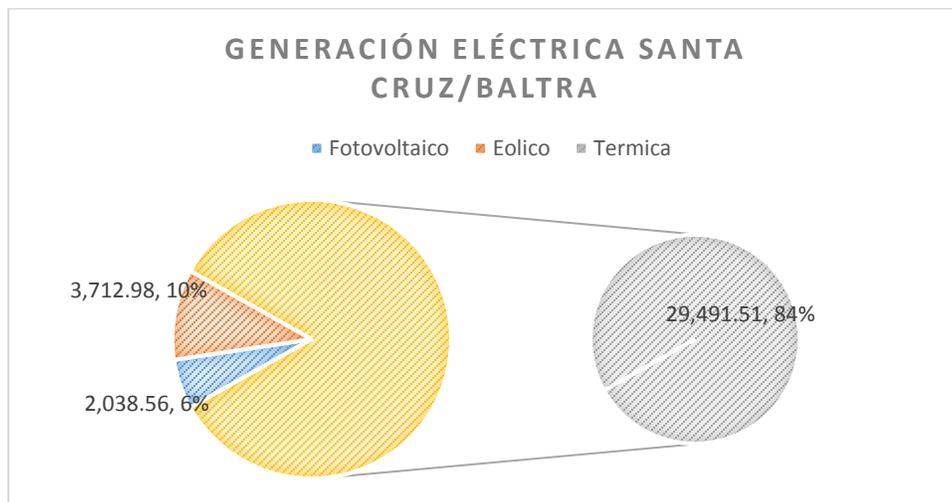
**Aporte Fotovoltaico:** 2.038,56MWh

**Aporte Térmico:** 29.491,51 MWh

**Aporte Eólico:** 3.712,98 MWh

**Figura 7**

*Matriz de Generación Eléctrica Isla Santa Cruz/Baltra.*



*Nota:* Porcentaje entregado de generación eléctrica a la Isla Santa Cruz/Baltra, ELECGALAPAGOS S.A Diciembre (2018).

**ISLA ISABELA**

Centro de generación híbrida, se dispone de una unidad térmica a diésel de 1MW.

- **Generación Térmica Dual:** 1.63 MW, con un costo de \$11.5 millones.

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

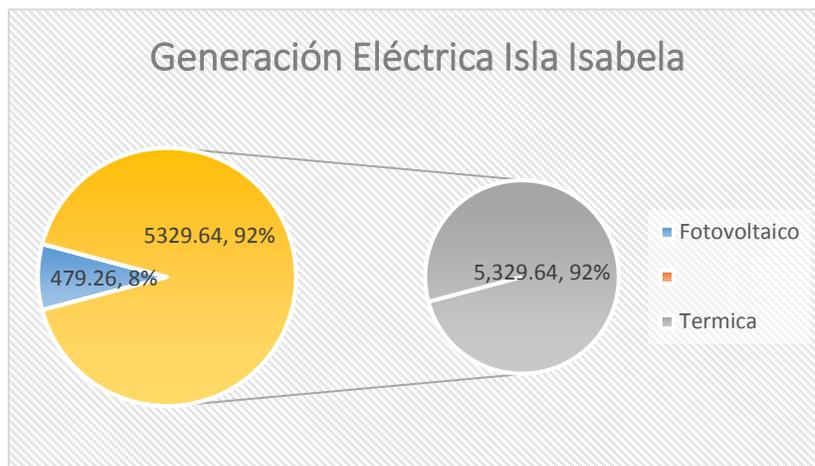
- **Planta Fotovoltaica:** Potencia Instalada 0.952p MW, sistema de almacenamiento en baterías ion-litio 0.66 MW; o.33MWh, planta automatizada permitiendo estabilidad en variaciones de producción, con un costo de \$ 9'400.000

**Generación Eléctrica Fotovoltaica:** 479.26MWh

**Generación Eléctrica Térmica:** 5.329,64 MWh

### Figura 8

*Matriz de Generación Eléctrica Isla Isabela.*



*Nota:* Porcentaje entregado de generación eléctrica a la Isla Isabela, ELECGALAPAGOS S.A Diciembre (2018).

### Isla Floreana

- **Planta Fotovoltaica:** Potencia instalada de 0.021 MWp, sistema de almacenamiento en baterías Pb- acido de 0.069 Kw y 0.38 MWh despacha y almacena energía.
- **Central Térmica Dual:** Potencia instalada de 0.20MW, Potencia Efectiva de 0.23 MW. Con un costo de \$ 749.128.

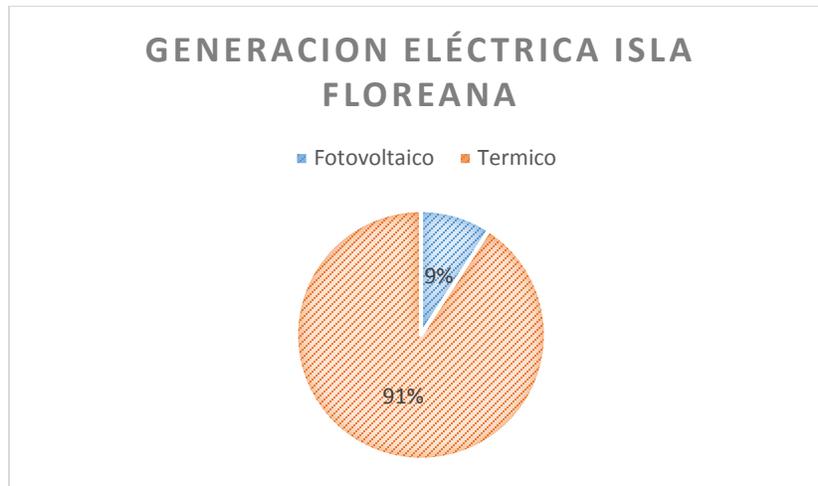
# PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

**Generación Fotovoltaico:** 28.60 MWh

**Generación Térmica:** 283.55 MWh

## Figura 9

*Matriz de Generación Eléctrica Isla Floreana.*



*Nota:* Porcentaje entregado de generación eléctrica a la Isla Floreana, ELECGALAPAGOS S.A Diciembre (2018).

## Método

Los métodos multicriterios son una metodología en la cual el agente decisor puede descomponer un problema complejo en partes más simples estructurando múltiples criterios frente a diferentes alternativas, mediante la construcción de un modelo jerárquico que contiene objetivos, criterios y alternativas de tipo cualitativo y cuantitativo para la solución de conflictos (Uribe, 2001) (Munda, 2004).

En el presente estudio se emplearon tres métodos multicriterios para toma de decisiones, Método AHP: que permite jerarquizar un proceso mediante la evaluación de diferentes criterios

## **PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

con respecto alternativas optimizando la toma de decisiones gerenciales (Saaty, 1980). El segundo método utilizado es el Método ELECTRE: el cual evalúa las ventajas y desventajas en relación de criterios con sus respectivas alternativas para llegar a jerarquizarlas en un orden de preferencia de la mejor alternativa a la peor alternativa (Medina, 2013). El tercer método utilizado es el Método TOPSIS: basado en el concepto de ideal y anti-ideal en las elecciones de alternativas de ordenamiento de preferencia por similitud al ideal positivo. (Palma, 2019)

### **Desarrollo Teórico de los Métodos Multicriterios**

La toma de decisiones se la realizará utilizando tres técnicas de multicriterio AHP, ELECTRE, TOPSIS, optando por la mejor tecnología en las diferentes características que poseen, con el fin de jerarquizar a la mejor tecnología para la producción de energía eléctrica.

La primera de tres metodologías que se va a utilizar, es el método AHP, el principal objetivo en este método es seleccionar y definir bien el criterio y subcriterio a ser utilizados para la toma de decisiones (Keeney, 1992).

### **Método Analytic Hierarchy Process (AHP)**

Metodología desarrollada por el profesor Thomas L. Saaty la cual fue utilizada en la década de los 70 por el Departamento de defensa de EEUU, esta metodología ayudó en la toma de decisiones de varios problemas llegando a una solución efectiva ya que ayuda a seleccionar entre varias alternativas la mejor en función de varios criterios que suelen entrar en conflicto.

#### **AHP como herramienta**

Esta herramienta consta de tres niveles para su desarrollo:

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

- a. Cuál es el objetivo principal del problema, sus criterios y alternativas para la toma de decisión.
- b. Las distintas alternativas que se han tomado en cuenta para el desarrollo del problema irán en la parte superior del cuadro de decisión.
- c. Los atributos o criterios que van a ser los que definan las alternativas irán en la columna izquierda de la matriz de decisión.

Si no están bien definidos los criterios se puede tomar la opción de seleccionar subcriterio entre los niveles de criterios y las alternativas, obteniendo así un multinivel jerárquico, una vez obtenido el nivel multicriterio se realiza comparaciones entre criterios, subcriterio y alternativas atribuyendo valores numéricos a la matriz de jerarquización como se puede observar en la Tabla 12. La matriz de decisión se determina por alternativas determinadas,  $A = \{A_1, A_2 \dots A_m\}$  y los atributos,  $C_1, C_2, \dots C_n$ , pueden ser cualitativos o cuantitativos.

**Tabla 12**

*Matriz de decisión.*

	$C_1$	$C_2$	...	$C_j$	...	$C_n$
$A_1$	$c_{11}$	$c_{12}$	...	$c_{1j}$	...	$c_{1n}$
$A_2$	$c_{21}$	$c_{22}$	...	$c_{2j}$	...	$c_{2n}$
...	...	...	...	...	...	...
$A_i$	$c_{i1}$	$c_{i2}$	...	$c_{ij}$	...	$c_{in}$
...	...	...	...	...	...	...
$A_m$	$c_{m1}$	$c_{m2}$	...	$c_{mj}$	...	$c_{mn}$

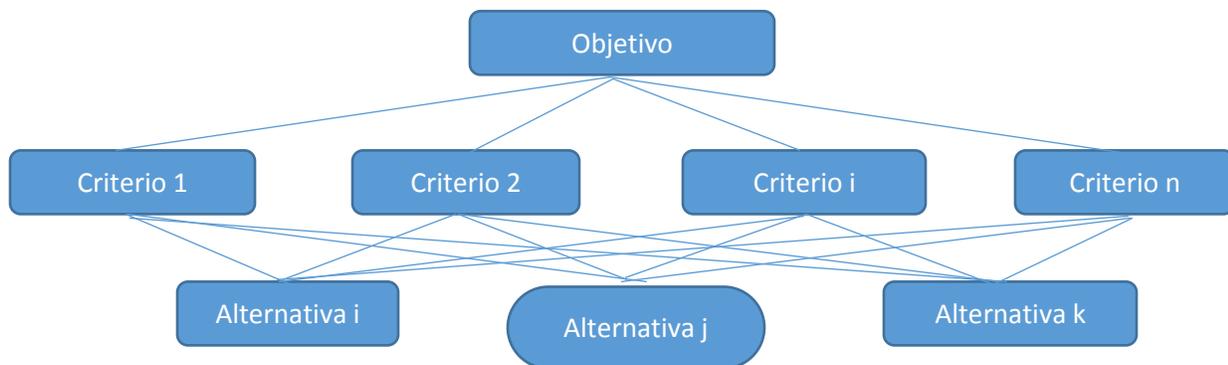
Así se puede expresar que  $c_{ij}$ , es el resultado de la alternativa  $A_i, j_1, \dots, n$ . La estructura mas importante del modelo AHP es la de jerarquización en esta etapa se debe desglosar el problema y cada uno de sus componentes, entre ellos tenemos:

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

- Definición de Objetivo
- Criterios.
- Subcriterio.
- Alternativas.

**Figura 10**

*Modelo Jerárquico para la toma de decisiones con el AHP.*



*Nota:* Modelo de Método AHP, con base a aplicación de proceso jerárquico PYME, (Rodríguez, 2007)

La identificación del problema se resuelve de acuerdo a las alternativas disponibles, los criterios y subcriterio son importantes para la solución del problema , utilizando una Escala Fundamental de Saaty ayudando a estructurar el razonamiento clave de éxito en este método realizando comparaciones pareadas, siguiendo la escala de jerarquización, dando lugar a resultados precisos y fiables ya que se puede transformar aspectos cualitativos en cuantitativos, se comparan distintas alternativas y se llega a obtener su peso en criterio o también llamada ponderación, después de esto se comparan las distintas alternativas existentes llegando al ranking definitivo de decisión \_(PREVENCONTROL, 2019).

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

El tomador de decisiones demanda una información de una matriz cuadrada de comparaciones compuesta de criterios o alternativas  $a_{ij}$  representa el criterio relativo  $i$  frente  $a_{ij}$  en una matriz  $n \times n$ , frente a la escala de Saaty donde 1 es (igual importancia) y 9 es de (importancia absoluta) ver Figura 11.

**Figura 11**

*Escala Saaty*

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

*Nota:* Escala fundamental de comparación por pares en escala de puntuación (Saaty, 1980)

Si la A de dimensión  $n \times n$ ,  $a_{ij}$  es el elemento  $(i,j)$  de A para  $i= 1,2,\dots,n$ , y  $j = 1,1,\dots,n$ , como se puede observar en la ecuación 1. Entonces A se convertirá en una matriz de comparación pareada de  $n$  criterios, cuando se comprara la fila  $i$  con la columna  $j$ , cuando  $i = j$ ,  $a_{ij}=1$ , como se puede observar en la ecuación 2 ya que los criterios son comparados consigo mismo.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 \dots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} \dots & 1 \end{pmatrix} \text{ Si } a_{ij} * a_{ji} = 1 \tag{1}$$

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

$$\text{Se Cumple} = A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 \dots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{2n} \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

No es necesario contar con la información cuantitativa sobre los resultados de las alternativas en cada criterio, para la aplicación del método AHP tan solo con los juicios de valor de las personas que decidan. Se necesita sumar los valores de cada columna de comparaciones pareadas de la matriz, después se divide el elemento uno a uno entre el total de la columna y finalmente llegar a los elementos de cada línea de prioridades (Vicente, 1999) (Saaty, 1980)).

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 \dots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Como se observa en la ecuación 4 los elementos son sumados de forma vertical en cada columna

$$v_1, v_2, \dots, v_n = \sum_1^n a_{1j} \quad (4)$$

Con el resultado de la suma de cada columna se divide cada elemento de la matriz entre la suma obtenida así tendremos la matriz normalizada como se observa en la ecuación 5.

$$A_{normalizada} = \begin{pmatrix} 1/v_1 & a_{12}/v_2 \dots & a_{1n}/v_n \\ a_{21}/v_1 & 1/v_2 \dots & a_{2n}/v_n \\ \vdots & & \vdots \\ a_{n1}/v_1 & a_{2n}/v_2 \dots & 1/v_n \end{pmatrix} \quad (5)$$

A partir de la matriz normalizada obtendremos las prioridades o ponderaciones de la matriz, calculando el vector columna como se observa en la ecuación 6.

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

$$p = \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{2j} \\ \vdots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Como se observa en la ecuación 7, el vector de prioridades se obtiene con los promedios de filas de la matriz.

$$p = \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \vdots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} \quad (7)$$

Se puede realizar la comprobación de la suma de los elementos del vector es igual a 1 como se observa en la ecuación 8.

$$\begin{array}{l} \text{C1} \quad \text{C2} \quad \dots \quad \text{C3} \\ \text{Alternativa 1} \\ \text{Alternativa 2} \\ \vdots \\ \text{Alternativa 3} \end{array} \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & & p_{nm} \end{pmatrix} \quad (8)$$

Las matrices obtenidas se multiplican con las matrices de los vectores de subcriterio con respecto al criterio de jerarquía superior como se observa en la ecuación 9.

$$\begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & & p_{nm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \vdots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p'_{11} \\ p'_{12} \\ \vdots \\ p'_{1n} \end{pmatrix} \quad (9)$$

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

Este proceso se va repitiendo hasta terminar con todas las comparaciones de los elementos del criterio, subcriterio y alternativas, facilitando la reflexión.

Hay que tomar en cuenta que la matriz no debe tener contradicciones de valoración , la consistencia se obtiene mediante el índice de consistencia (CI) como se observa en la ecuación 12, donde n es la dimensión de matriz y  $\lambda_{max}$  es el máximo auto valor, si el índice de consistencia es igual a cero , esto significa que la consistencia es completa , una vez obtenido el índice de consistencia se realiza la proporción de consistencia (Saaty, 1980).

$$\lambda_{max} = \sum (n * w) \quad (11)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (12)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (13)$$

Donde RI es el índice aleatorio se indica la consistencia de la matriz.

### **Método Electre (Elimination et Choix Traduisant la Réalité)**

Teoría originada por Bernard Roy en Francia y Bélgica, la palabra Electre se formó como acrónico, compara alternativas de concordancia superan alternativas pares y discordancia que es el inverso, para obtener la tabla de decisión de la mejor alternativa.

Primero se define los candidatos que van a ser evaluados, hay que definir una escala de valoración para luego normalizar las calificaciones estas escalas pueden ir de 0 a 10, siendo 10 la

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

mejor y 0 la peor, se recomienda transformar las calificaciones a escala única utilizando la ecuación 14:

$$\overline{a_{i,j}} = \frac{a_{a,j} - a^{min}}{a^{max} - a^{min}} \quad (14)$$

Para criterios que representan una ventaja se utiliza  $a^{min}$  y  $a^{max}$  son la mejor y peor y si es lo contrario donde los criterios representan la desventaja se utiliza  $a^{max} - a_{i,j}$ , seguido se desarrolla la tabla de candidatos identificados con la letra A y los criterios con la letra C, seguida de la fila que contiene los pesos representada por la letra w que va de mayor a menor según el valor de ponderación que se da a los criterios Cuando  $w_h > w_k$  el criterio h será más importante que el criterio k y la expresión  $w_h = w_k$  indica que los criterios son de igual importancia. Se debe cumplir  $\sum w_j = 1$ , con las sumas ponderadas se calculan suma de productos de las alternativas en los diferentes criterios los cuales van a ser multiplicados por los pesos como se observa en la ecuación 15.

$$M_i = \sum_{j=1}^m a_{i,j} * w_j \quad (15)$$

Donde  $M_i$  es la calificación ponderada de la alternativa i.

$a_{i,j}$  = calificación de alternativa i en el criterio j.

$w_j$  =Peso de ponderación del criterio j.

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

El método es aplicado a través de matrices por medio de tablas de calificaciones a los candidatos que van a ser evaluados, si dicho candidato toma una calificación superior a los demás o igual se define como "relación de superación" como se observa en la ecuación 16:

$$A_h S_j A_k \quad (16)$$

Donde:

- $A_h$  Alternativa de sobre calificación con respecto  $A_k$ , si el índice de concordancia expresa la relación de preferencia frente a la proporción de pesos.

Existen dos condiciones para probar que  $A_h$  sobre califica  $A_k$ , utilizando tablas de concordancia y discordancia. Aplicando los valores y calificaciones de los pesos de una manera normalizada en la matriz.

Se forma la Matriz de Concordancias y alternativas calculando  $C_{h,k}$ , como se observa en la ecuación 17, indicando que se suman los pesos de cada criterio, cuando  $a_{h,j} \geq a_{k,j}$ .

$$C_{h,k} = \frac{\sum_{j:A_h S_j A_k} w_j}{\sum_j w_j} \quad (17)$$

Siendo la matriz de concordancia, se debe tener en cuenta que la diagonal se coloca el valor de 1 como se observa en la ecuación 18, ya que no se puede realizar la comparación una alternativa con la misma.

$$C = \begin{bmatrix} 1 & C_{1,2} & \dots & C_{1,n} \\ C_{2,1} & 1 & \dots & C_{2,n} \\ \vdots & \vdots & 1 & \vdots \\ C_{n,1} & C_{n,2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (18)$$

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

Como se muestra en la ecuación 19, la matriz de discordancia, se debe calcular el valor de la diferencia de máxima positiva de las calificaciones.

$$D_{h,k} = \frac{\text{máx positiva}(a_k - a_h) \text{ en los criterios } j}{\text{calificación mayor} - \text{calificación menor}} \quad (19)$$

Donde  $D_{h,k}$ , es la mayor diferencia positiva de calificaciones, para las calificaciones de criterio se toma en cuenta el denominador. Si el índice de discordancia representa un valor bajo con respecto a la comparación de calificaciones tiene un alto grado de ser inaceptable, tanto la matriz de concordancia como discordancia deben tener el mismo número de filas como de columnas.

Se debe definir dos límites de comparación para determinar p y q, para determinar p con matriz de concordancia e identificar la ventaja que tiene una sobre la otra se utiliza la ecuación 20, de la misma manera con la ecuación 21 se determina con el valor próximo menos o igual al promedio.

$$P = \frac{\Sigma \text{ número de filas}}{\text{número de calificaciones}} \quad (20)$$

$$q = \frac{\Sigma \text{ número de filas}}{\text{número de calificaciones}} \quad (21)$$

Conocida como prueba de dominancia, si se cumple  $C_{h,k} \geq p$  y solo si  $D_{h,k} \leq q$ , se cumplirá que  $A_h$  domina a la alternativa  $A_k$ , una vez realizada estas tablas se podrá verificar cual domina en la hilera de jerarquía de alternativas.

### Método TOPSIS

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

Método desarrollado en el año de 1981 por Hwang y Yoon, este método elige distancias cortas entre el ideal positivo que sería la más corta y el ideal negativo que sería la distancia más larga de las alternativas. Para maximizar los criterios se toma lo positivo llamado solución ideal positiva, mientras que lo contrario sería la minimización llamada también solución ideal negativa (Majid Behzadian, 2012).

Se obtienen dos soluciones la ideal es aquella que contiene todos los valores de criterio respecto a los valores óptimos de las alternativas y anti- ideal es aquella que contiene los valores de criterio menos óptimos frente a las alternativas.

Se construye la matriz de decisión como los anteriores métodos se plantea las alternativas que se desean comparar con criterios establecidos por el autor representando a las alternativas con la letra  $A_i$   $i=1, 2, \dots$ , y los criterios representados por la letra  $C_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , los pesos son representados por la letra  $W$ .

Donde

$\beta_{i,j}$  = Representa valoración de la alternativa  $A_i$ , con respecto al criterio  $C_j$ .

Como se observa en la ecuación 22 se define la normalización de la matriz.

$$n_{i,j} = \alpha_{i,j} / \sqrt{\sum_{i=1}^m (\alpha_{ij})^2} \quad j=1, \dots, m \quad (22)$$

La matriz de decisión normalizada ponderada.

$$v_{ij} = w_j \cdot n_{ij}, j = 1, \dots, n = 1, \dots, m$$

Donde  $w_j$  es el valor de  $j$ - esimo criterio. Para definir la solución ideal y anti- ideal se utiliza las ecuaciones 23 y 24.

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

$$T^+ = \{t_1^+, \dots, t_n^+\} = \{(i^{max} t_{ij}, j \in j)(i^{min} t_{ij}, j \in j')\} \quad (23)$$

$$T^- = \{t_1^-, \dots, t_n^-\} = \{(i^{min} t_{ij}, j \in j)(i^{max} t_{ij}, j \in j')\} \quad (24)$$

La distancia ideal positiva  $Z_i^+$  y la distancia ideal negativa  $Z_i^-$  se calcula con las siguientes ecuaciones 25 y 26 respectivamente

$$Z_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (t_{ij} - t_j^+)^2}, i=1, \dots, m \quad (25)$$

$$Z_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (t_{ij} - t_j^-)^2}, i=1, \dots, m \quad (26)$$

La cercanía relativa  $R_i$  se la calcula mediante la ecuación 27, Si  $R_i = 0$ ,  $A_i$  entonces es igual T

Y si  $R_i = 1$ ,  $A_i$  entonces es igual  $T^+$ , mientras tome el valor de  $R_i = 1$  mayor valor de alternative i-esima se tendrá.

$$R_i = \frac{Z_i^-}{(Z_i^+ + Z_i^-)}, i = 1, \dots, m \quad (27)$$

Para establecer la jerarquía de los criterios frente a las alternativas la solución ideal será aquella que más se acerque a la solución ideal  $R_i$ .

**Resultados y Discusión**

## **PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

Los datos de cada tecnología Renovable fueron tomados de diferentes fuentes de investigación como por ejemplo, en (Ramirez, 2016) se realizó una investigación de jerarquización de tecnologías renovables utilizando la toma de decisión multicriterios para la producción de electricidad calculando la ponderación pareada de números , ponderación igualitaria de criterios hasta llegar a la ponderación de jerarquización para la toma de decisión correcta, de igual manera (Efrain Mauricio Barzallo, 2018) autores que utilizan el método multicriterio FAHP ya que son sistemas basados en pautas difusas ayudando con la creación de una herramienta de modelado lingüístico para seleccionar la mejor tecnología renovables el cual ayudaría a la población urbana de Cuenca , así mismo (Ramirez h. H., 2018) el autor utiliza el método multicriterio AHP para la construcción e implementación de infraestructura civil en granjas fotovoltaicas en Cali, todos estos autores tienen un mismo objetivo implementar Tecnologías del futuro para la conservación del medio ambiente y evitar el combustible fósil, y finalmente (Novasinerгия, 2020) presenta una metodología de multicriterio para la obtención de una matriz más amigable para la instalación de centrales fotovoltaicas a gran escala en la provincia del Azuay para la generación de energía eléctrica.

Las alternativas que se tomaron para esta investigación son Tecnología Eólica, Tecnología Fotovoltaica y Tecnología Térmica Dual, los criterios utilizados para ser evaluados con las alternativas son Potencia efectiva, Eficiencia, Emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas, Generación eléctrica anual, Costo de Generación, Costo de Instalación, Vida Útil, Área Utilizada.

Los datos de desempeño fueron tomados de varias áreas de estudio ya realizadas en distintas investigaciones. Como se observa en la tabla 14.

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

Para evaluar cada una de las alternativas de estudio se presenta los valores de atributos como se observa en la Tabla 13.

**Tabla 13**

*Desempeño de alternativas.*

<b>Tecnología</b>	<b>Eólica</b>	<b>Fotovoltaica</b>	<b>Térmica Dual</b>
Potencia Efectiva (MW)	4.64	2.58	2.34
Eficiencia (%)	28.9	20	12
Emisiones de CO <sub>2</sub> Evitadas (Ton.)	4.088	4.268	3.299
Generación Anual (MW)	6.556	2.557	561
Costo de Generación (kWh)	6.555,78	520,108	3.255,615
Costo de Instalación (\$)	35'841.067	53'400.000	11'749.028
Vida Útil(años)	25	20	20
Área Utilizada( $km^2/kW$ )	0,15	0,80	0,01

### **Aplicación de Estudio Multicriterios AHP en las tecnologías existentes en Galápagos.**

Para la aplicación de la técnica multicriterios se siguieron los pasos propuestos por Saaty partiendo de la Tabla 13, tabla 14 y las figuras 9 y 10 se observa el desempeño de alternativas con los diferentes criterios, seguida de la matriz de comparación pareada hasta llegar a la jerarquización de criterios que van a ser analizados posteriormente obtener los pesos de cada criterio y cada alternativa y finalizar con la jerarquización de las tecnologías renovables.

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

**Tabla 14**

*Matriz de Comparación Pareada*

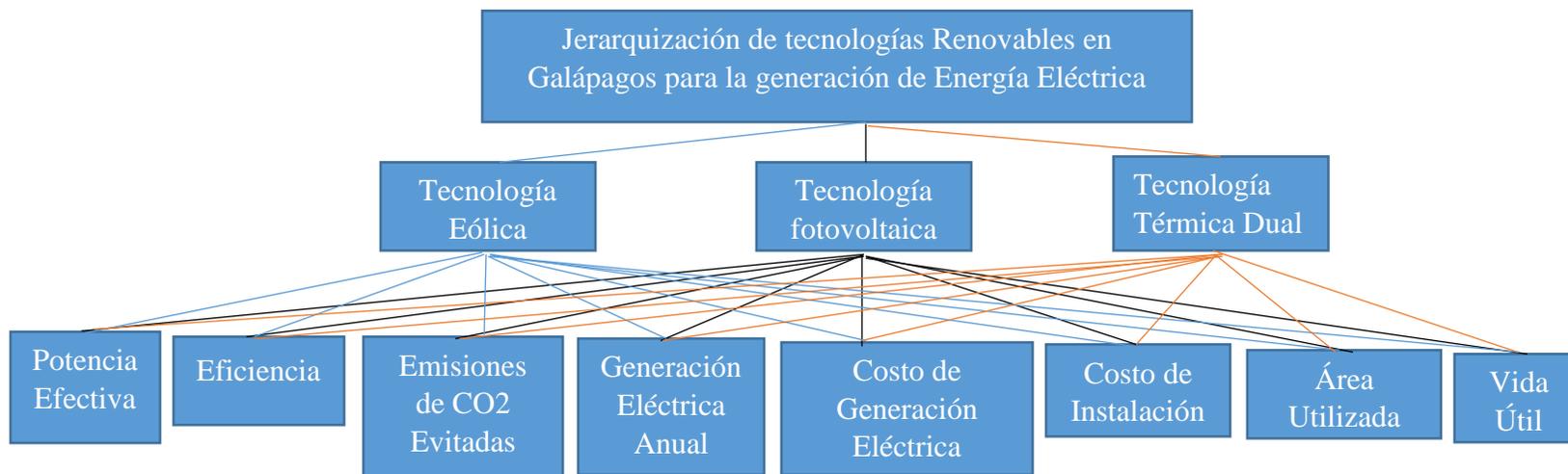
	<b>Potencia Efectiva</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> Evitadas</b>	<b>Generación Anual</b>	<b>Costo de Generación</b>	<b>Costo de Instalación</b>	<b>Vida Útil</b>	<b>Área Utilizada</b>
Potencia Efectiva	1	3	1	1/5	1/3	1/2	1	1
Eficiencia	1/3	1	3	1/5	2	2	1/2	1
Emisiones de CO <sub>2</sub> Evitadas	1	1/3	1	1/3	1/2	1	1	1
Generación Anual	5	5	3	1	3	3	3	2
Costo de Generación	3	1/2	2	1/3	1	1/2	1	2
Costo de Instalación	2	1/2	1	1/3	2	1	1/2	2
Vida Útil	2	1/2	1	1/3	1	2	1	1/2
Área Utilizada	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1	1

*Nota:* Determinación de diferencias perceptibles mediante importancia y preferencia entre criterios , (Tolomeo, 2006).

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGÍAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALÁPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

**Figura 12**

*Jerarquización de los criterios*



*Nota: Selección de alternativas con sus diferentes criterios, mostrando presencia global para una decisión.*

**Tabla 15**

*Matriz Normalizada*

<b>Matriz Normalizada</b>	<b>Potencia Efectiva</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> Evitadas</b>	<b>Generación Anual</b>	<b>Costo de Generación</b>	<b>Costo de Instalación</b>	<b>Vida Útil</b>	<b>Área Utilizada</b>
Potencia Efectiva	0.065	0.25352113	0.0769231	0.06185567	0.0323	0.04761905	0.11111111	0.0952381

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

Eficiencia	0.02	0.08450704	0.2307692	0.06185567	0.1935	0.19047619	0.05555556	0.0952381
Emissiones de CO2 Evitadas	0.07	0.02816901	0.0769231	0.10309278	0.0484	0.0952381	0.11111111	0.0952381
Generación Anual	0.33	0.42253521	0.2307692	0.30927835	0.2903	0.28571429	0.33333333	0.1904762
Costo de Generación	0.20	0.04225352	0.1538462	0.10309278	0.0968	0.04761905	0.11111111	0.1904762
Costo de Instalación	0.13	0.04225352	0.0769231	0.10309278	0.1935	0.0952381	0.05555556	0.1904762
Vida Útil	0.13	0.04225352	0.0769231	0.10309278	0.0968	0.19047619	0.11111111	0.047619
Área Utilizada	0.07	0.08450704	0.0769231	0.15463918	0.0484	0.04761905	0.11111111	0.0952381

*Nota:* Muestra los Vector de Prioridad de Criterios.

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

Utilizando la técnica de auto vectores se obtiene los pesos de cada criterio, tal como se observa en la Tabla 16.

**Tabla 16**

*Peso de los Criterios.*

<b>Criterios</b>	<b>Ponderación</b>
Potencia Efectiva	0.092967948
Eficiencia	0.116711163
Emisiones de CO <sub>2</sub> Evitadas	0.077922083
Generación Anual	0.298564517
Costo de Generación	0.117603147
Costo de Instalación	0.110940299
Vida Útil	0.099835588
Área Utilizada	0.085455255

*Nota:* Representación de la importancia relativa de cada criterio, (Yepez, 2018).

Se puede verificar si los juicios son aceptables o no mediante los índices de la tabla 17. Si se tiene inconsistencia se tendrá que repetir el proceso de estudio.

**Tabla 17**

*Índice de consistencia aleatoria.*

<b>n</b>	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ICA</b>	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

*Nota:* Consistencia de la matriz mediante juicios aceptables de saaty, (Saaty, 1980).

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

**Tabla 18**

*Validación de matriz de Criterios.*

<b>VALIDACION DE MATRIZ DE CRITERIOS</b>		
Landa Max	$\Sigma (n*w)$	8.96084244
Índice de consistencia	$(\text{landa máx}-n)/(n-1)$	0.13726321
Índice de consistencia aleatoria	Según tabla	1.41
Relación índice de consistencia	IC/ICA	0.09734979
Válido si	RIC<0.1	ACEPTABLE

*Nota:* Otorga confiabilidad a los criterios verificando si sus juicios son aceptables o no.

**Tabla 19**

*Matrices de comparación Alternativa Potencia efectiva.*

<b>Potencia Efectiva</b>	<b>Eólica</b>	<b>Fotovoltaica</b>	<b>Térmica Dual</b>
Eólica	1	5	2
Fotovoltaica	1/5	1	3
Térmica Dual	1/2	1/3	1

*Nota:* Importancia y preferencia entre criterios

**Tabla 20**

*Matriz Peso de Comparación Alternativa Potencia Efectiva*

<b>Potencia Efectiva</b>	<b>Peso</b>
Eólica	0.57
Fotovoltaica	0.26
Térmica Dual	0.17

*Nota:* Representación de la importancia relativa de cada criterio, (Yepez, 2018).

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

**Tabla 21**

*Matriz Normalizada de Comparación Alternativa Eficiencia*

	<b>Eólica</b>	<b>Fotovoltaica</b>	<b>Térmica Dual</b>
Eólica	1	5	3
Fotovoltaica	1/5	1	2
Térmica Dual	1/3	1/2	1

*Nota:* Importancia y preferencia entre criterios

**Tabla 22**

*Matriz Peso de Comparación Alternativa Eficiencia.*

<b>Eficiencia</b>	<b>Peso</b>
Eólica	0.64046823
Fotovoltaica	0.20587142
Térmica Dual	0.15366035

*Nota:* Representación de la importancia relativa de cada criterio, (Yepez, 2018).

**Tabla 23**

*Matriz Normalizada de Comparación Alternativa Emisiones de CO<sub>2</sub> Evitadas*

	<b>Eólica</b>	<b>Fotovoltaica</b>	<b>Térmica Dual</b>
Eólica	1	2	5
Fotovoltaica	1/2	1	3
Térmica Dual	1/5	1/3	1

*Nota:* Importancia y preferencia entre criterios.

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

**Tabla 24**

*Matriz Peso de Comparación Alternativa Emisiones CO<sub>2</sub> Evitadas.*

<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> Evitadas</b>	<b>Peso</b>
Eólica	0.58
Fotovoltaica	0.31
Térmica Dual	0.11

*Nota:* Representación de la importancia relativa de cada criterio, (Yepez, 2018).

**Tabla 25**

*Matriz Normalizada de Comparación Alternativa Generación Eléctrica Anual*

	<b>Eólica</b>	<b>Fotovoltaica</b>	<b>Térmica Dual</b>
Eólica	1	5	3
Fotovoltaica	1/5	1	5
Térmica Dual	1/3	1/5	1

*Nota:* Importancia y preferencia entre criterios

**Tabla 26**

*Matriz Peso de Comparación Alternativa Generación Eléctrica Anual*

<b>Generación Eléctrica Anual</b>	<b>Peso</b>
Eólica	0.59731962
Fotovoltaica	0.28242689
Térmica Dual	0.12025349

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

*Nota:* Representación de la importancia relativa de cada criterio, (Yepez, 2018).

**Tabla 27**

*Matriz Normalizada de Comparación Alternativa Costo de Generación*

	<b>Eólica</b>	<b>Fotovoltaica</b>	<b>Térmica Dual</b>
Eólica	1	2	2
Fotovoltaica	1/2	1	3
Térmica Dual	1/2	1/3	1

*Nota:* Importancia y preferencia entre criterios

**Tabla 28**

*Matriz Peso de Comparación Alternativa Costos de Generación.*

<b>Costo de Generación</b>	<b>Peso</b>
Eólica	0.48
Fotovoltaica	0.35
Térmica Dual	0.17

*Nota:* Representación de la importancia relativa de cada criterio, (Yepez, 2018).

**Tabla 29**

*Matriz Normalizada de Comparación Alternativa Vida Útil*

	<b>Eólica</b>	<b>Fotovoltaica</b>	<b>Térmica Dual</b>
Eólica	1	3	3

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

Fotovoltaica	1/3	1	2
Térmica	1/3	1/2	1
Dual			

*Nota:* Importancia y preferencia entre criterios

**Tabla 30**

*Matriz Peso de Comparación Alternativa Vida Útil.*

Vida Útil	Peso
Eólica	0.59
Fotovoltaica	0.25
Térmica	0.16
Dual	

*Nota:* Representación de la importancia relativa de cada criterio, (Yepez, 2018).

**Tabla 31**

*Matriz Normalizada de Comparación Alternativa del Área Utilizada.*

	Eólica	Fotovoltaica	Térmica Dual
Eólica	1	3	2
Fotovoltaica	1/3	1	3
Térmica Dual	1/2	1/3	1

*Nota:* Importancia y preferencia entre criterios

**Tabla 32**

*Matriz Peso de Comparación Alternativa Área Utilizada.*

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS  
PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

<b>Área Utilizada</b>	<b>Peso</b>
Eólica	0.52369852
Fotovoltaica	0.3041958
Térmica Dual	0.17210567

*Nota:* Representación de la importancia relativa de cada criterio, (Yepez, 2018).

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

**Tabla 33**

*Jerarquización de las Tecnologías Renovables AHP*

<b>Criterios Tecnologías</b>	<b>Potencia Efectiva</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> Evitadas</b>	<b>Generación Anual</b>	<b>Costo de Generación</b>	<b>Costo de Instalación</b>	<b>Vida Útil</b>	<b>Área Utilizada</b>	<b>Priorización</b>	<b>%</b>
Eólica	0.57	0.64046823	0.58	0.59731962	0.48	0.52369852	0.59	0.52369852	0.56947934	<b>57%</b>
Fotovoltaica	0.26	0.20587142	0.31	0.28242689	0.35	0.3041958	0.25	0.3041958	0.28254035	<b>28%</b>
Térmica Dual	0.17	0.15366035	0.11	0.12025349	0.17	0.17210567	0.16	0.17210567	0.1479803	<b>15%</b>
Ponderación	0.09296795	0.11671116	0.07792208	0.29856452	0.11760315	0.1109403	0.09983559	0.08545526	1	100%

*Nota:* Representación de la mejor alternativa de tecnología Renovable tomando el primer nivel de jerarquización la Tecnología Eólica.

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS  
PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

**Desarrollo Método Electre Tecnologías Renovables.**

Se toma los valores de calificación y peso de alternativas ya propuestas anteriormente en el Método AHP, como se observa en la Tabla 34.

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

**Tabla 34**

*Valores de calificación y peso de las alternativas de Tecnologías Renovables.*

	Eficiencia	Potencia Efectiva	Emisiones de CO <sub>2</sub> Evitadas	Generación Anual	Costo de Generación	Costo de Instalación	Vida Útil	Área Utilizada
Eólica	0.57	0.64046823	0.58	0.59731962	0.48	0.52369852	0.59	0.52369852
Fotovoltaica	0.26	0.20587142	0.31	0.28242689	0.35	0.3041958	0.25	0.3041958
Térmica Dual	0.17	0.15366035	0.11	0.12025349	0.17	0.17210567	0.16	0.17210567
W Peso	0.092967948	0.116711163	0.07792208	0.298564517	0.11760315	0.110940299	0.099835588	0.08545526

*Nota:* Representación de importancia de los diferentes pesos entre alternativas y criterios.

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

**Tabla 35**

*Valores de Concordancia.*

<b>Tabla de Concordancia</b>			
	<b>Eólica</b>	<b>Fotovoltaica</b>	<b>Térmica Dual</b>
<b>Eólica</b>	1	1	1
<b>Fotovoltaica</b>	0	1	1
<b>Térmica Dual</b>	0	0	1

*Nota:* Relación de preferencia al cuantificar los pesos Si  $C_{i,j} \geq C_{j,k}$   $W$  ; Si  $C_{i,j} < C_{j,k}$   $0$ ,

(Arce, 2017)

**Tabla 36**

*Valores de Discordancia.*

<b>Tabla de Discordancia</b>			
	<b>Eólica</b>	<b>Fotovoltaica</b>	<b>Térmica Dual</b>
<b>Eólica</b>	1	0	0
<b>Fotovoltaica</b>	0.43459681	1	0
<b>Térmica Dual</b>	0.48680788	0.18	1

*Nota:* Dimensión de la subvaloración de una alternativa (i) respecto con la que se comprara (j).

**Factor de Concordancia y Discordancia**

**Factor de Concordancia**

$$p = \frac{\Sigma \text{ número de filas}}{\text{número de calificaciones}} \quad p = \frac{3}{6} = 0.5$$

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

**p=1 número mayor de tabla**

**Factor de Discordancia**

$$q = \frac{\Sigma \text{ número de filas}}{\text{número de calificaciones}} \quad q = \frac{1.10140469}{6} = 0.18356745$$

**q=0.18 número menor de la tabla**

**Tabla 37**

*Dominancia de Tecnologías Renovables.*

<b>Dominancia de Filas</b>	<b>Alternativa</b>	<b>Dominancia de Columnas</b>	<b>F-C</b>	<b>Resultado</b>
2	Eólica	0	2	1er. Lugar
1	Fotovoltaica	1	0	2do. Lugar
0	Térmica Dual	2	-2	3er. Lugar

*Nota:* Representación de la tecnología renovable con mayor dominancia en el método Electre.

**Desarrollo del Método TOPSIS para las diferentes Tecnologías Renovables.**

Se parte de los Valores de calificación y peso de las alternativas de Tecnologías Renovables como se observa en la Tabla 34, se transforma utilizando normalización vectorial y de esta manera se obtiene la matriz de decisión normalizada pondera como se observa en la tabla 38 utilizando los pesos de los criterios para obtener los diferentes indicadores del mejor valor en las diferentes alternativas de tecnologías Renovables. Este método tiene la tendencia de incrementar o decrementar una función de valor mediante la distancia euclidiana.

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

**Tabla 38**

*Matriz de decisión normalizada y ponderada.*

Matriz 1	Eficiencia	Potencia Efectiva	Emisiones de CO <sub>2</sub> Evitadas	Generación Anual	Costo de Generación	Costo de Instalación	Vida Útil	Área Utilizada
<b>Eólica</b>	0.57	0.64046823	0.58	0.59731962	0.48	0.52369852	0.59	0.52369852
<b>Fotovoltaica</b>	0.26	0.20587142	0.31	0.28242689	0.35	0.3041958	0.25	0.3041958
<b>Térmica Dual</b>	0.17	0.15366035	0.11	0.12025349	0.17	0.17210567	0.16	0.17210567
<b>W Peso</b>	0.09296795	0.11671116	0.07792208	0.29856452	0.117603147	0.1109403	0.09983559	0.08545526

*Nota:* Importancia de pesos de las diferentes alternativas con respecto a sus diferentes criterios.

**Tabla 39**

*Indicadores TOPSIS.*

matriz 2	Eficiencia	Potencia Efectiva	Emisiones de CO <sub>2</sub> Evitadas	Generación Anual	Costo de Generación	Costo de Instalación	Vida Útil	Área Utilizada
Eólica	0.3249	0.4102	0.3364	0.35679073	0.2304	0.27426014	0.3481	0.27426
Fotovoltaica	0.0676	0.042383	0.0961	0.07976495	0.1225	0.09253508	0.0625	0.092535

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

Térmica Dual	0.0289	0.023612	0.0121	0.0144609	0.0289	0.02962036	0.0256	0.02962
<b>Total</b>	0.4214	0.476194	0.4446	0.45101658	0.3818	0.39641559	0.4362	0.396416
<b>Raíz</b>	0.6491533	0.690068	0.6667833	0.67157768	0.61789967	0.62961543	0.6605	0.629615

**Tabla 40**

*Indicadores TOPSIS.*

	<b>Eficiencia</b>	<b>Potencia Efectiva</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> Evitadas</b>	<b>Generación Anual</b>	<b>Costo de Generación</b>	<b>Costo de Instalación</b>	<b>Vida Útil</b>	<b>Área Utilizada</b>
<b>Eólica</b>	0.8780669	0.928123	0.8698478	0.88942745	0.77682515	0.83177524	0.8933	0.831775
<b>Fotovoltaica</b>	0.4005217	0.298335	0.4649186	0.4205424	0.566435	0.4831454	0.3785	0.483145
<b>Térmica Dual</b>	0.2618796	0.222674	0.1649711	0.17906118	0.27512557	0.27335047	0.2423	0.27335

**Tabla 41**

*Indicadores TOPSIS Mejor Valor.*

	<b>Eficiencia</b>	<b>Potencia Efectiva</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> Evitadas</b>	<b>Generación Anual</b>	<b>Costo de Generación</b>	<b>Costo de Instalación</b>	<b>Vida Útil</b>	<b>Área Utilizada</b>
--	-------------------	--------------------------	---	-------------------------	----------------------------	-----------------------------	------------------	-----------------------

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

Eólica	0.0816321	0.108322	0.0677804	0.26555148	0.09135708	0.09227739	0.0892	0.07108
Fotovoltaica	0.0372357	0.034819	0.0362274	0.12555904	0.06661454	0.0536003	0.0378	0.041287
Térmica Dual	0.0243464	0.025989	0.0128549	0.05346131	0.03235563	0.03032558	0.0242	0.023359
<b>A* mejor valor</b>	0.0816321	0.108322	0.0128549	0.26555148	0.03235563	0.03032558	0.0892	0.023359
<b>A- menor valor</b>	0.0243464	0.025989	0.0677804	0.05346131	0.09135708	0.09227739	0.0242	0.07108

*Nota:* Soluciones de ideal e ideal negativo.

**Tabla 42**

*Indicadores TOPSIS potenciación de Matrices.*

	<b>Eficiencia</b>	<b>Potencia Efectiva</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> Evitadas</b>	<b>Generación Anual</b>	<b>Costo de Generación</b>	<b>Costo de Instalación</b>	<b>Vida Útil</b>	<b>Área Utilizada</b>	<b>Suma</b>	<b>Raíz</b>
Eólica	0	0	0.0030168	0	0.00348117	0.00383803	0	0.002277	0.013	0.112309
Fotovoltaica	0.001971	0.005403	0.0005463	0.01959788	0.00117367	0.00054171	0.0026	0.000321	0.032	0.179433
Térmica Dual	0.0032816	0.006779	0	0.04498224	0	0	0.0042	0	0.059	0.24345

*Nota:* Representación de jerarquización de alternativas.

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

**Tabla 43**

*Indicadores TOPSIS potenciación de Matrices.*

	<b>Eficiencia</b>	<b>Potencia Efectiva</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> Evitadas</b>	<b>Generación Anual</b>	<b>Costo de Generación</b>	<b>Costo de Instalación</b>	<b>Vida Útil</b>	<b>Área Utilizada</b>	<b>Suma</b>	<b>Raíz</b>
Eólica	0.0032816	0.006779	0	0.04498224	0	0	0.0042	0	0.059	0.24345
Fotovoltaica	0.0001661	7.8E-05	0.0009956	0.00519808	0.00061219	0.00149592	0.0002	0.000888	0.01	0.098074
Térmica Dual	0	0	0.0030168	0	0.00348117	0.00383803	0	0.002277	0.013	0.112309

**PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS  
PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

**Tabla 44**

*Suma de Raíces de Indicadores de matriz.*

<b>Suma de Raíz matriz</b>	
<b>Eólica</b>	0.35575821
<b>Fotovoltaica</b>	0.27750719
<b>Térmica Dual</b>	0.35575821

**Tabla 45**

*Suma de Raíces de matriz sobre el total de indicadores de matriz.*

<b>Suma de Raíz /Total</b>	
<b>Eólica</b>	0.68431185
<b>Fotovoltaica</b>	0.35341147
<b>Térmica Dual</b>	0.31568815

*Nota: cercanía relativa a la solución ideal*

**Tabla 46**

*Resultados.*

<b>Resultados Método TOPSIS</b>		
Mejor alternativa	0.684312	Eólica
Alternativa no muy favorable	0.315688	Térmica Dual

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

*Nota:* Mejor alternativa de tecnología Renovables solución ideal.

**Tabla 47**

*Comparación de Resultados*

Comparación de Resultados			
	AHP	ELECTRE	TOPSIS
Eólica	57%	Primer Lugar	68%
Fotovoltaica	28%	Segundo Lugar	35%
Térmica Dual	15%	Tercer Lugar	31%

*Nota:* Resultados Obtenidos con los diferentes métodos de Decisión Multicriterios.

Aplicando tres técnicas multicriterios AHP, ELECTRE, TOPSIS, se procede a tomar las respectivas decisiones en las diferentes tecnologías seleccionadas en este caso las existentes en las Islas Galápagos, Tecnología Fotovoltaica, Tecnología Eólica, Tecnología Térmica Dual. Observando una jerarquía en una de ellas, la Tecnología Eólica es la que sobresale en los tres métodos utilizados, el segundo lugar lo ocupa la Tecnología Fotovoltaica, y el Tercer lugar la Tecnología Térmica Dual con un porcentaje de 57% en el método AHP, 68% en el método Topsis, y primer lugar en el método Electre, seguida por la energía Fotovoltaica con un porcentaje de 28% en el método AHP, 35% en el método Topsis ,obteniendo el segundo lugar de jerarquía en el método electre, en tercer lugar la Tecnología Térmica Dual con un porcentaje de 15 % en el método AHP, 31% en el método TOPSIS, y el tercer lugar en el método Electre, todos estos resultados optan por la Tecnología Eólica que es la mejor solución para generar energía eléctrica en las Islas Galápagos.

## **PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

En la Tabla 48 se encuentra detallado de mejor manera los porcentajes obtenidos de cada Tecnología Renovable. Los resultados obtenidos en los tres métodos multicriterios no arrojan los mismos resultados de jerarquización por ende la utilización de métodos multicriterios es una herramienta muy importante a la hora de elegir correctamente un criterio, basado en la toma de decisiones entre varias opciones propuestas en diferentes campos económico, social, técnico, personal, etc.

Debido a la complejidad a la hora de tomar la decisión correcta se desarrolló el MCDM , en este caso el estudio está enfocado en la toma de decisión de la mejor Tecnología Renovable en las Islas Galápagos, con el tiempo se ha ido incrementando con más fuerza la utilización de las Tecnologías Renovables a pesar de sus ventajas y desventajas de los cuales dependerán su correcto desarrollo al ser implementadas y utilizadas ya que se desea obtener grandes beneficios para poder reemplazar a los combustibles fósiles sin tener pérdidas económicas y grandes pérdidas de tiempo al elegir una Tecnología Renovable no rentable, con estos métodos de multicriterios se recalca que la Tecnología Renovable más propicia para las Islas Galápagos es la Tecnología Eólica seguida de la Tecnología Fotovoltaica y en tercer lugar la Tecnología Térmica Dual, el rango de los diferentes porcentajes en la decisión de multicriterios es mínima lo que resulta elegir un análisis simple, estos métodos multicriterios utilizados cumplieron con su objetivo entregando resultados veraces de las diferentes Tecnologías para una correcta decisión, con estos resultados no se puede asegurar que las otras Tecnologías Renovables son ineficientes al contrario por los recursos de viento, sol, y aceite se determina cual es la mejor en este estudio que fue detallado anteriormente con el desarrollo de los diferentes métodos multicriterios, esta misma investigación se podría realizar en cualquier parte de Ecuador y del mundo y se obtendrían otro tipo de Tecnologías que podrían ser mejores en distintos lugares, proponiendo la

## **PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

implementación y uso de las diferentes Tecnologías Renovables, el uso de técnicas en busca de diferentes soluciones combinando otro tipo de Tecnologías que no fueron desarrolladas con estos métodos multicriterios y que en un futuro podrían ocupar un lugar importante dentro de las Islas Galápagos.

### **Conclusiones**

Se identificaron tres tecnología renovables actualmente operativas como es la tecnología Eólica , Tecnología Fotovoltaica y Tecnología Térmica Dual para la conservación de las islas Galápagos siendo uno de los retos más importante para el país considerando que las tecnologías renovables son fuentes de energía siendo la mejor alternativa para el bloqueo de contaminación ambiental y al mismo tiempo generar electricidad de una manera limpia y sustentable sin disminuir la calidad del servicio eléctrico.

El principal aprovechamiento de la isla es el viento, teniendo un sistema que se encuentra ubicado en las zonas altas como el del cerro El Tropezón con vientos que soplan con dirección sudeste los mismos que son aprovechados en los meses de mayo a diciembre.

La segunda tecnología aprovechada en la isla es la solar, ya que los niveles de radiación ultravioleta oscilan entre 8 y 10 siendo considerado en el rango moderado y muy alto

La Tecnología Térmica Dual, nos garantiza el abastecimiento de electricidad al igual que las otras tecnologías, promueve el recurso energético renovable pero es la opción menos indicada ya que requiere la combinación de un combustible fósil con un recurso renovable y el propósito de este estudio es eliminar por completo los combustibles fósiles en las Islas Galápagos.

## **PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

Al utilizar los diferentes métodos de multicriterios siendo las mismas una poderosa herramienta ayudo a la elección correcta de la mejor tecnología renovable de las islas Galápagos con un complejo conjunto de alternativas comparadas con un conjunto de criterios, se considera que la Tecnología Eólica es la más propicia en las islas Galápagos tomando el primer lugar en los tres métodos utilizados seguida por la tecnología fotovoltaica y en último lugar la tecnología térmica dual aun cuando se utilizan diferentes métodos multicriterios para una correcta toma de decisión, esto no quiere decir que la energía fotovoltaica y la energía Térmica dual son tecnologías ineficientes al contrario son de mucha ayuda para la generación de energía eléctrica, el uso de las técnicas multicriterios ayudo a la búsqueda de soluciones ayudando así analizar las posibilidades de implementación de otras tecnologías renovables dentro del archipiélago.

### **Recomendaciones**

La implementación de más parques Eólicos, paneles fotovoltaicos y todo lo que son tecnologías Renovables para la generación de energía eléctrica ayudaría a más habitantes de poblaciones lejanas que no cuentan con energía eléctrica. Se necesita de incentivos por parte del gobierno para la construcción de más tecnologías renovables con subsidios para la compra de equipos y la infraestructura de las diferentes tecnologías.

Es necesario planificar acciones para la implementación de estas Tecnologías renovables en la Isla por el crecimiento de la población, turistas, industrias, comercio, etc, para el desarrollo del país y así en un futuro eliminar la dependencia de combustible fósil de una manera limpia y sin afectar al medio ambiente generando electricidad no solo a Galápagos sino al Ecuador.

### **Bibliografía**

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

(s.f.). Obtenido de <https://sisbib.unmsm.edu.pe> > toskano\_hg > cap3,preven control blog)

Adaros, t. G. (2014). *Energia Undimotriz*. Obtenido de <http://www2.elo.utfsm.cl/~elo383/apuntes/InformeUndimotriz.pdf>

Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (Abril de 2021). *Agencia de Regulación y Control de Electricidad*. Obtenido de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/balancenacional/>

Arce, E. (2017). *Diseño de Procesos Metodo electre*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/procesosesiqie/modulos-del-curso/modulos-del-curso-2/unidad-2a-el-metodo-electre>

Arnedillo, O. (2007). *Economía Industrial. Historia Industrial*.

Calvo, J. A. (2013). *Energía maremotriz perspectiva historica y estado actual*.

Cooperation, G. A. (2004). *Fuentes Renovables de Energía en América Latina y el Caribe*. Santiago: CEPAL.

Cubillos, A. -C., & Estenssoro Saavedra, F. . (2011). *Energía y medio ambiente. Una ecuación difícil para América Latina : los desafíos del*. Santiago de Chile : IDEA-USACH .

Daniel Schmerler Vainstein, J. C. (2019). *Energías renovables, experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la Transición energetica*. Lima: Osinergmin.

Delucchi, J. &. (2011). *Energía renovable para alimentar el mundo*.

Efrain Mauricio Barzallo, P. C. (2018). *Selección de Energías renovables en ambientes urbanos*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15556/1/UPS-CT007647.pdf>

ELECGALÁPAGOS S.A. (Diciembre de 2018). Obtenido de [www.elecgalapagos.com.ec](http://www.elecgalapagos.com.ec)

Energía y Sociedad. (Enero de 2016). *Manual de la Energía*. Obtenido de <https://www.energiaysociedad.es/manenergia/3-2-energias-renovables-tecnologia-economia-evolucion-e-integracion-en-el-sistema-electrico/>

Energía, S. d. (2008). *Energía de la Biomasa*. Argentina.

*Fuentes de energía Renovable y Mitigación del cambio climatico*. (2018).

Guillermo Llopis Trillo, V. R. (2008). *Guía de la energía Geotermica*. Madrid: La Suma de Todos.

INEC. (2015). Obtenido de Principales Resultados: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion\\_y\\_Demografia/CPV\\_Galapagos\\_2015/Presentacion\\_CPVG15.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/CPV_Galapagos_2015/Presentacion_CPVG15.pdf)

## PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.

INGFOCOL. (26 de Junio de 2015). *Potencial Hidroenergetico*.

Jarabo, F. P. (1988). *Energías renovables*. Madrid.

Keeney. (1992). *Propuesta de Modelo Multicriterio*.

López, E. V. (2019). Herramientas Tecnológicas. *Ciencia Digital Multidisciplinar* .

Majid Behzadian, S. K. (2012).

Medina, D. E. (2013). *Diseño de Procesos*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/procesosesiqie/modulos-del-curso/modulos-del-curso-2/unidad-2a-el-metodo-electre>

Munda. (2004). *Metodos Multicriterio*.

Mundo, B. (24 de Enero de 2001). Se Agrava Desastre en las Galápagos.

Novasineria. (18 de Octubre de 2020). *Analisis multicriterios para la localizacion de centrales fotovoltaicas en gran escala*. Obtenido de <https://novasineria.unach.edu.ec/index.php/novasineria/article/view/194/190>

Palma, C. (2019). *metodo tophis 2*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/386904631/METODO-TOPSIS-2>

PREVENCONTROL. (23 de Abril de 2019). *PREVENCONTROL*. Obtenido de Método para fortalecer la toma de decisiones: [info@prevencontrol.com](mailto:info@prevencontrol.com)

Quintero, M. (2013). Metodos y Procesos Multicriterio para la Evaluación. *Revista Azul*.

Ramirez, C. Y. (2016). *comparacion de técnicas en toma de decisiones multicriterio aplicada a la jerarquizacion de Tecnologias renovables*. Obtenido de <https://1library.co/document/z31wo07y-comparacion-ponderacion-metodologias-decisiones-multicriterio-jerarquizacion-tecnologias-renovables.html>

Ramirez, h. H. (2018). *analisis muñticriterio para la toma de decisiones en la construccion de infraestructura civil de granja fotovoltaica*. Obtenido de [http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/10577/Aplicacion\\_herramienta\\_analisis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/10577/Aplicacion_herramienta_analisis.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rodríguez, E. M. (2007). *aplicacion del Proceso jerárquico de analisis phyme*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es>

Saaty. (1980).

Santamarta, J. (Octubre de 2019). *Energía Eolica*. Obtenido de [www.stanford.edu/group/efmh/jacobson/](http://www.stanford.edu/group/efmh/jacobson/)

Sociedad, E. &. (2007). Tecnología y costos de Generacion electrica. *Economia Industrial*.

## **PROPUESTA DEL USO DE TECNOLOGIAS RENOVABLES EN EL ARCHIPIELAGO DE GALAPAGOS PARA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR MEDIOS DE METODOS MULTICRITERIOS.**

Sociedad, E. y. (2007). *Tecnologías y costos de la generación eléctrica*.

Spiegeler, C. y. (2016). *DEFINICION E INFORMACION DE ENERGIAS RENOVABLES*.  
Obtenido de <http://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>

Tolomeo. (2006). *Toma de decisión*. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx/bitstream/handle>

Turismo, M. d. (2019). *Geografía del Ecuador*. Obtenido de  
<https://vivecuador.com/html2/esp/geografia.htm>

Turismo, M. d. (2019). *Geografía del Ecuador*. Obtenido de  
<https://vivecuador.com/html2/esp/geografia.htm>

Ucha, F. (Octubre de 2014). *Central hidroeléctrica*. Obtenido de  
<https://www.definicionabc.com/general/central-hidroelectrica.php>

Universo, E. (5 de Junio de 2002). Derrame de Petróleo en Galapagos. *Derrame de Petróleo mata iguanas en las Galapagos dice un estudio*.

Uribe. (2001).

Vicente, D. (1999). *Metodos de Decisión Multicriterio*.

Yopez, V. (27 de Noviembre de 2018). *Proceso Analítico Jerárquico*. Obtenido de  
<https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>