

**VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INVERSIÓN DE
GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y AUTOGENERACIÓN FOTOVOLTAICAS**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERA ELÉCTRICA**

**TEMA:
VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INVERSIÓN DE
GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y AUTOGENERACIÓN FOTOVOLTAICAS**

**AUTOR:
JOHAO JESÚS BURBANO VÁSQUEZ**

**TUTOR:
EDWIN MARCELO GARCÍA TORRES**

Quito D.M., marzo 2022

Johao Jesús Burbano Vásquez

VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INVERSIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y AUTOGENREACIÓN FOTOVOLTAICAS

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2022

Ingeniería Eléctrica

Breve reseña histórica e información de contacto.



Johao Jesús Burbano Vásquez (Y'1996 – M'09). Nació en Tulcán, Ecuador. Bachiller en Ciencias en el colegio Hermano Miguel De La Salle, Ecuador 2014. Egresado de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito. Áreas de interés: Generación distribuida, energía renovable. jburanov@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Edwin Marcelo García Torres (Y'1978 – M'10). Nació en Quito Ecuador. Graduado en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana y Master en Gestión de Energía de la Universidad Técnica de Cotopaxi en 2016. Actualmente se encuentra cursando su doctorado en Ingeniería con la Universidad Pontificia Bolivariana- Medellín Colombia. Su trabajo de investigación se enfoca en: Respuesta a la Demanda, sistemas de automatización Scada, microgrids, sistemas de energía renovable, generación distribuida y Smart grid. Es profesor de la Universidad Politécnica Salesiana-Ecuador en Ingeniería Eléctrica. Actualmente es miembro de Girei Research Group. egarcia@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2022 Universidad Politécnica Salesiana
QUITO - ECUADOR

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, Edwin Marcelo García Torres declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INVERSIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y AUTOGENERACIÓN FOTOVOLTAICAS, realizado por Johao Jesús Burbano Vásquez, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito D.M., marzo 2022



.....
Edwin Marcelo García Torres
C.C.: 1803087400

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Johao Jesús Burbano Vásquez, con documento de identificación N° 0401757737, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de grado/titulación intitulado: VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INVERSIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y AUTOGENERACIÓN FOTOVOLTAICAS, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito D.M., marzo 2022



.....
Johao Jesús Burbano Vásquez
C.C.: 0401757737

1. ÍNDICE GENERAL

1.	Introducción	2
2.	Marco teórico	5
2.1	Sistemas de Generación Distribuida	5
2.2	Fuentes de Energía Renovable.....	5
2.2.1	Energía eólica.....	6
2.2.2	Energía solar	6
2.2.3	Energía hidroeléctrica	6
2.2.4	Biomasa.....	6
3.	Sistemas fotovoltaicos	7
3.1	Paneles Solares.....	7
3.2	Convertidores DC/DC.....	7
3.3	Algoritmos MPPT	7
3.4	Inversores	8
3.5	Diseño de Sistemas Fotovoltáicos	8
3.5.1	Dimensionamiento a partir de una demanda estimada.....	8
3.5.2	Dimensionamiento a partir del material disponible	9
4.	Análisis de la energía solar en el Ecuador	11
5.	Regulaciones nacionales de la generación fotovoltaica para el autoabastecimiento	13
5.1	Pasos Para Ejecutar y Obtener el Título Habilitante.....	15
6.	Análisis técnico y económico de la producción de energía solar	16
6.1	Valor Actual Neto (VAN).....	17
6.2	Tasa Interna de retorno	17
7.	Beneficios económicos y tributarios de la energía solar en el Ecuador.....	17
8.	Simulación del sistema.	18
9.	Casos de estudio.....	20
10.	Resultados	20
11.	Conclusiones	21
12.	Trabajos futuros	22
13.	Referencias.....	22
13.1	Matriz del Estado del Arte	27
13.2	Resumen de Indicadores	33

14. Anexos.....	35
-----------------	----

2. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Central fotovoltaica.	7
Figura 2. Pasos para obtener un título habilitante (a).....	15
Figura 3. Pasos para obtener un título habilitante (b)	15
Figura 4. Pasos para obtener un título habilitante (c).....	16
Figura 5. Pasos para obtener un título habilitante (d)	16
Figura 6. Irradiación vs ingreso anual vs costo Kilovatio hora.....	20
Figura 7. Egreso anual.....	20
Figura 8. Flujo de caja.....	20
Figura 9. Valor actual neto.....	21
Figura 10. Tasa interna de retorno.	21
Figura 11. Resumen e indicador de la temática - Estado del arte.	33
Figura 12. Indicador de formulación del problema - Estado del arte.....	33
Figura 13. Indicador de solución - Estado del arte.....	34
Figura 14. Potencial solar en Ecuador.....	35

3. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos del panel solar	9
Tabla 2: Datos del inversor	9
Tabla 3. Condiciones Ambientales	10
Tabla 4: Niveles de irradiación solar de las principales provincias en Ecuador	13
Tabla 5: Consideraciones de proyectos de generación dirigidos a personas jurídicas.....	14
Tabla 6: Especificaciones técnicas del panel solar.	19
Tabla 7: Especificaciones técnicas del panel solar.	19
Tabla 8. Especificaciones técnicas del panel solar.....	19
Tabla 9: Matriz de estado del arte.	27

VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INVERSIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y AUTOGENERACIÓN FOTOVOLTAICAS

Resumen

El presente documento realiza un estudio de la viabilidad técnica y económica para la generación y distribución de energía eléctrica producida por sistemas fotovoltaicos. Para lo cual se analiza los costos de producción de energía solar en base al precio de diseñar e implementar una central de generación solar. Por otro lado, el análisis técnico es realizado para determinar las zonas de mejores condiciones para una adecuada instalación de generación fotovoltaica.

Las conclusiones presentadas en este proyecto sirven como base para determinar la factibilidad de proyectos de generación distribuida de tipo fotovoltaica en cuanto a temas técnicos y económicos.

Abstract

This document makes a study of the technical and economic feasibility for the generation and distribution of electric energy produced by photovoltaic systems. For which the costs of solar energy production are analyzed based on the price of designing and implementing a solar generation plant. In addition, the technical analysis is carried out to determine the areas with the best conditions for an adequate installation of photovoltaic generation.

The conclusions presented in this project serve as a base to determine the viability of photovoltaic distributed generation projects in terms of technical and economic topics.

Palabras Clave: Generación Eléctrica, Normativa, Autoconsumo, Energía Solar, Inversión, Viabilidad Técnica y Económica, Fotovoltaicas.

Keywords: Electricity Generation, Regulations, Self-consumption, Solar Energy, Investment, Technical and Economic Viability, Photovoltaic.

1. Introducción

Los sistemas de generación de energía siempre han sido temas de interés de la humanidad, a razón de que el desarrollo de la tecnología está ligado a una fuente de alimentación que sea capaz de satisfacer la demanda energética que los equipos tecnológicos requieren para su funcionamiento.

En su tiempo, se popularizaron las máquinas accionadas por energía térmica obtenida a base de la quema del carbón o a su vez en las máquinas de vapor. Estas fueron los fundamentos del desarrollo de la humanidad. La revolución industrial marcó un punto importante en el avance científico, mediante la incorporación de los combustibles fósiles para el funcionamiento de la maquinaria. Actualmente la energía eléctrica es la fuerza principal que mueve a todo el planeta, por lo que saber aprovechar al máximo sus fuentes de generación es de vital importancia [1].

Por otra parte, el cuidado del medio ambiente es un tema muy serio que se toma en cuenta al momento de analizar los sistemas de generación de energía. En general, la energía fósil es altamente contaminante puesto que produce grandes emisiones de CO₂ y otros gases dañinos para el ecosistema. Se estima que, a partir de la revolución industrial, el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera se ha incrementado en un aproximado del 80% en comparación a los años anteriores del uso de combustibles fósiles [2]. Además, estudios acerca de la evolución del planeta manifiestan que si las emisiones de gases contaminantes no se detienen muestran que la tierra dejaría de ser habitable en los próximos 30 años. Esta alerta está en la conciencia de cada país y los orienta en la búsqueda de nuevas fuentes de energía más amigables con la naturaleza.

Debido a esto, los combustibles fósiles están destinados a ser reemplazados por fuentes de energía renovable. La presente situación plantea nuevos retos para el ingenio humano, aprovechando de la manera más eficiente posible las fuentes de energía alternativa presentes en la naturaleza, así como su adecuada distribución.

Por otro lado, en [3] se menciona que el crecimiento económico de una región estará en aumento si se realiza un correcto aprovechamiento de los recursos naturales. A esto se justifica el exigir el diseño de políticas que favorezcan e incentiven el uso de recursos naturales para la generación de energías limpias.

América latina cuenta con países que han involucrado la producción alternativa y generación distribuida en la economía propia de cada nación como el caso de Brasil, Chile y México [4]. Esto se debe principalmente al incremento en la cantidad de demanda energética y por una mejor consciencia ambiental [5].

Perú posee un sistema que involucra la producción solar para el abastecimiento de la energía consumida por el país [6]. Un estudio realizado por el Organismo de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) en Perú establece que la demanda energética ha ido en aumento de manera sostenida, lo cual está relacionado al crecimiento de la economía mundial. Como se evidencia en los datos, se estima que en 1992 Perú poseía una demanda energética de 10.7 TWh, al 2015 dicho valor aumentó en más del 200% con una demanda de 42.3 TWh [6]. Debido a esta tendencia el uso de energías renovable ha tenido una buena acogida, de la misma manera se han desarrollado mejoras tecnológicas que permiten inversiones más económicas en el sector fotovoltaico, eólico e hidráulico [7]. Así mismo, la investigación estima que a partir del 2015 Perú añadió acerca de 147 GW a su

producción eléctrica proveniente de fuentes renovables.

Entre los proyectos peruanos más destacables mencionados en [8] constan: ‘Moquegua FV’ de una potencia de 16 MW con una tarifa adjudicada de 119.90 USD/MWh y una energía adjudicada anual de 43 GWh. ‘Panamericana’ de una potencia de 20 MW con una tarifa adjudicada de 21.50 USD/MWh y una energía adjudicada anual de 50.676 GWh. ‘Grupo T Solar Majes’ de una potencia de 20 MW con una tarifa adjudicada de 22.25 USD/MWh y una energía adjudicada anual de 37.63 GWh. ‘Grupo T Solar Repartición’ de una potencia de 20 MW con una tarifa adjudicada de 22.3 USD/MWh y una energía adjudicada anual de 37.44 GWh. ‘Tacna Solar’ de una potencia de 20 MW con una tarifa adjudicada de 22.5 USD/MWh y una energía adjudicada anual de 47 GWh.

A pesar de la gran inversión peruana en energía solar, el estudio mencionado en [9] menciona que resulta más costoso la autogeneración solar que la compra directa de energía a la empresa pública, con una diferencia de 1.217 soles/kWh o 0.31 USD/kWh. De igual manera en [10] se menciona que la viabilidad de proyectos solares es técnicamente viable pero financieramente no. Con la excepción de que se considere una tasa interna de retorno menor al 4% a un periodo de 20 años. Esto debido a que los sistemas fotovoltaicos que en su mayoría son Off-Grid dependen de la implementación de un banco de baterías cuya inversión corresponde a un aproximado del 67.14% del costo total. Por otro lado en [11] se concluye que en un sistema sincronizado a la red de suministro de energía eléctrica los proyectos son viables técnica y económicamente según los cálculos de los índices VAN y TIR para períodos de 5 años.

Uno de los países líderes en la producción de energía solar es Chile cuya generación ha incrementado pronunciadamente desde la proclamación de la Ley de Energías Renovables No Convencionales en el año 2008 [12] y desde el establecimiento de la Agenda de Energía en 2014 donde el país estableció las metas de reducir el consumo energético en un 20% a la par de incrementar la generación proveniente de energías renovables no contaminantes (ERNNC) en un 20% [13].

Se estima que los ingresos de proyectos solares a razón de ahorro y venta de energía en la ciudad de Arica-Chile en las viviendas beneficiadas hasta 2016 tuvieron un valor de 79.8 USD por ahorro y de 100.29 USD por venta [14]. Los valores actuales han aumentado, teniendo un ingreso promedio de 136.99 USD por ahorro y 196.08 USD por venta. La investigación realizada en [14] afirma que a pesar de que los datos tienen una tendencia a incrementar, estos llegarán a su valor máximo en el año 2041.

El proyecto de investigación realizado en [15] analiza la factibilidad de seguir realizando inversiones en generación distribuida fotovoltaica en el sector residencial de la región Metropolitana de Chile para las aplicaciones de: subsidios, NetBilling (autogeneración de energía renovable) y facilidades de préstamos. Los resultados concluyen que proyectos para sistemas menores a 3 kW ya no son económicamente factibles para tasas de descuento del 10% pero si para tasas del 6%. Para lo cual el principal inconveniente es contar con el capital inicial necesario para ejecutar el proyecto. Además, para los usuarios que vendan su excedente de energía a la red su precio de venta debe ser igual al 80% del precio de compra para considerarse como un negocio rentable.

México por su parte, es otro país con alta inversión a la generación de energías renovables [16]. Cuyos proyectos más representativos son la instalación de sistemas fotovoltaicos en 10 municipios del estado de México, los mismos que cuentan con una irradiación solar promedio de 5 kWh/m². Beneficiando a un total de 6,203.610 habitantes, que representa alrededor del 40% de la población total de México [17].

En cuanto a un análisis de factibilidad económica de inversión de proyectos solares en México en [18] se muestran las siguientes conclusiones. La viabilidad de proyectos está determinada en gran parte por el precio de venta de la energía eléctrica, la misma que está dada por el costo de implementación de la central generadora. En muchos casos el almacenamiento de energía juega un papel fundamental en el desarrollo de estos proyectos, puesto que consumen un alto porcentaje de la inversión total. Es decir, un proyecto es viable de acuerdo con los costos del almacenamiento de energía fotovoltaica [19].

Por otro lado, Alemania es un país líder en cuanto a la instalación de paneles solares a gran escala. Según [20] la generación solar en 2013 tuvo un valor de 30 TWh que cubrió el 5.7% del consumo total del país germano. Con esto los principales beneficiarios de la generación solar fueron plantas industriales, granjas, escuelas y residencias. Actualmente Alemania ha incrementado su producción solar en un 25% en el año 2021 debido a una creciente demanda energética de su población [21]. Lo cual resultó en una amplia inversión en investigación e importación tecnológica. Razón por la cual la tecnología solar alemana es barata, cuenta con mejores condiciones de subsidio, sus sistemas son en su mayoría conectada a la red eléctrica nacional y una

creciente popularidad de fuentes de recarga energética para autos eléctricos.

Cabe mencionar que Alemania alcanzó un récord mundial al producir 22 GWh en sus generadores solares, lo equivalente a 20 centrales nucleares [22]. Lo que en promedio equivale a la producción solar total del resto del mundo.

En este sentido Ecuador, gracias a su diversidad geográfica y climatológica es considerado como un país idóneo para el aprovechamiento de fuentes de energía renovable [23]. Por lo que es un atractivo hacia la inversión nacional o extranjera con fines de generación y venta de energía eléctrica producida por sistemas alternativos, como la hidroeléctrica y solar.

Hasta la actualidad, el país cuenta con una alta producción de energía alternativa proveniente de fuentes hidroeléctricas, las cuales aportan con un gran porcentaje de energía eléctrica a la nación. Pero nuevos estudios proponen y dan como viable la generación fotovoltaica debido a los altos niveles de irradiación que tiene toda la región ecuatorial, la cual se mantiene casi constante en todas las épocas del año [24].

Los objetivos que busca el país con la generación renovable son por un lado, reducir la dependencia de combustibles fósiles para no emitir gases contaminantes al medio ambiente y tratar de anexar la generación eléctrica como una fuente de ingresos económicos al estado por la venta de energía eléctrica [23]. Tal es el caso del proyecto nacional El Aromo ubicado en Manabí que tratará de aprovechar la radiación solar mediante una planta compuesta por paneles fotovoltaicos. El proyecto está a la espera de una inversión privada de 200 millones de dólares, su capacidad de generación será de alrededor de 200 MW, que equivale al 60.6% del consumo total de la ciudad de Manta [25].

Las normativas dictaminadas por el estado ecuatoriano tratan de regular los proyectos de generación fotovoltaica dirigidos por personas jurídicas o empresas. En las regulaciones se establecen las condiciones de funcionamiento de las centrales de generación, las políticas de transformación energética, las políticas de expansión y habilitación de personas jurídicas para desarrollar Centrales de Generación Distribuida (CGD).

En cuanto a los modelos de negocio presentes y capaces de ser aplicados en el país existen tres tipos denominados: Netmetering, Feed-in-Tariff y Power-Purchase-Agreement [1], [26].

El primer modelo determina la diferencia de la energía inyectada a la red con la energía consumida para calcular los precios que deben ser reembolsados o descontados de la planilla de luz eléctrica. El segundo modelo es aplicado a sistemas de generación que inyectan potencia a la red eléctrica sin considerar el autoconsumo. Los presentes usuarios reciben una bonificación por su producción de energía limpia. El tercer modelo trata los acuerdos en los que las empresas distribuidoras del país compran energía a los productores minoristas para su reventa [1].

2. Marco teórico

2.1 Sistemas de Generación Distribuida

Los sistemas de generación distribuida corresponden a plantas de generación cuya potencia nominal es menor a 10 MW, las cuales están ubicadas de manera descentralizada. Además, de poseer capacidad suficiente para interconectarse con cualquier punto del sistema nacional de generación y distribución de energía eléctrica [27].

Los principales beneficios de los sistemas de generación distribuida corresponden a: la reducción de las pérdidas de transmisión y distribución, reducción de los costos de mantenimiento. Poseen una infraestructura cuyo precio es reducido en comparación a grandes centrales de generación [23]. Tienen un corto tiempo de diseño, construcción y puesta en funcionamiento, lo que es primordial para satisfacer el inmediato crecimiento de la demanda. Tienen alta capacidad de interconexión con otros sistemas de generación distribuida y la red de distribución de energía eléctrica [24].

A pesar de presentar altos beneficios, los inconvenientes que surgen en un sistema de generación distribuida son: una descentralización y descoordinación del sistema de protecciones.

Las variaciones de tensión, presencia de armónicos, resonancia y demás efectos negativos que estén presentes en una parte de la instalación puede llegar a afectar a todo el sistema. La reconexión de los sistemas de generación distribuida es compleja debido a la gran cantidad de equipos involucrados [24].

2.2 Fuentes de Energía Renovable

Las fuentes de energía renovable son aquellas que no emiten gases contaminantes como CO₂ al medio ambiente. Esta tecnología es de interés mundial para la reducción de emisión de gases de efecto invernadero.

La mayor limitación de estas fuentes es su intermitencia, es decir, no pueden ofrecer una potencia constante en todas las horas de servicio, puesto que dependen de diversos factores como: la cantidad de luz solar, la hora del día, la cantidad de viento, nivel del caudal de agua, cantidad de biomasa, etc. Por esto los sistemas no ofrecen cierta seguridad para satisfacer la demanda energética a

toda hora. Para reducir este efecto negativo, ciertas instalaciones utilizan sistemas de almacenamiento de energía para mantener una producción constante a toda hora, como es el caso de la energía solar. En general son utilizados como sistemas de generación de respaldo [28].

Las principales fuentes de energía renovable se mencionan a continuación:

- Eólica
- Solar o fotovoltaica
- Hidroeléctrica
- Biomasa

2.2.1 Energía eólica

El viento es producido por el desplazamiento de grandes masas de aire desde áreas de alta presión hacia áreas de baja presión a una velocidad equivalente a la diferencia de presiones por unidad de profundidad [29].

La energía eólica aprovecha la fuerza del viento para la generación de electricidad. Los generadores eólicos constan de torres en cuya punta se localizan hélices o aspas que giran con el viento. El giro de las hélices se transmite mediante un eje y engranajes convirtiéndose en energía mecánica, luego pasa a un generador eléctrico que transforma la energía mecánica en eléctrica [29].

2.2.2 Energía solar

Es una de las energías renovables más populares, puesto que aprovecha la energía del sol, considerada como inagotable. Su principio de funcionamiento se basa en el efecto fotoeléctrico. La energía proveniente del sol viaja a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas, al ingresar a la tierra, estas ondas chocan con el material fotoeléctrico de los paneles solares, el producto de esta interacción es el desprendimiento de electrones. Los electrones son captados para la

generación de energía eléctrica DC o continua, la cual puede ser almacenada o transformada para el consumo eléctrico de las cargas presentes en una instalación [30].

2.2.3 Energía hidroeléctrica

Los sistemas de generación hidroeléctricos están formados por represas donde se almacenan grandes cantidades de agua. El líquido atrapado a una gran altura con vasta energía potencial cae a una velocidad elevada, la energía cinética del agua en movimiento es utilizada para el giro de hélices localizadas en la parte baja de la represa, las cuales mueven ejes conectados a un generador eléctrico que obtiene electricidad gracias al giro de las aspas [31].

Otros sistemas utilizan el fenómeno de vórtice gravitacional para obtener electricidad a partir del movimiento circular del agua. Mientras distintas centrales de generación aprovechan el movimiento palpitante de las olas del mar para producir energía eléctrica.

2.2.4 Biomasa

La generación a base de biomasa fue el método más usado de generar energía hasta antes de la revolución industrial, donde fue reemplazada por el uso de combustibles fósiles. Las fuentes de biomasa tienen origen natural, residual o producida [32].

Para la generación de electricidad, la biomasa se quema en calderos industriales, el calor hierve y evapora líquidos, por lo general agua, el vapor es conducido por tuberías en cuyo extremo se conectan hélices que hacen girar generadores con lo que se produce energía eléctrica [33].

En muchos casos la combustión de biomasa es utilizada para la generación de

energía calórica que se aprovecha para sistemas de calefacción.

3. Sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos aprovechan la energía proveniente del sol para la generación de energía eléctrica. Puesto que la energía del sol es prácticamente inagotable y no produce ningún contaminante, se considera a los sistemas de generación fotovoltaica como a los más limpios existentes entre las fuentes de energía renovable.

Una instalación de energía solar tiene los siguientes elementos:

- Paneles solares
- Inversores sincronizados a la red
- Contador bidireccional.

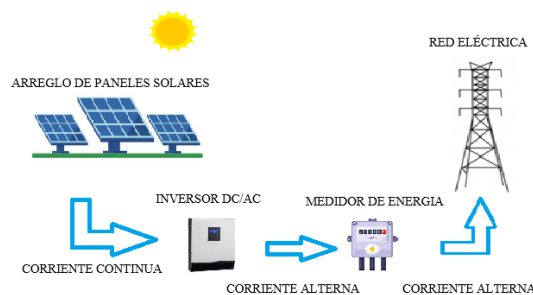


Figura 1. Central fotovoltaica.

3.1 Paneles Solares

Los módulos o paneles fotovoltaicos están compuestos por células fotovoltaicas distribuidas en una superficie plana y son las encargadas de producir energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico al ser expuestas a la luz solar.

Existen diferentes tipos de células fotovoltaicas, entre las cuales están:

Paneles monocristalinos, fabricados a partir de cristales de silicio, corresponden a las primeras generaciones de tecnología solar. Son útiles para ser usados en climas nublados y tormentosos con temperaturas

no muy altas [34]. Los paneles policristalinos son fabricados a partir de silicio, pero a una pureza inferior que el monocristalino, lo cual resulta en una pequeña disminución del rendimiento de los paneles. Su uso se recomienda para climas con altas temperaturas, tienen un bajo coste de fabricación y poseen un característico color azul marino [35].

Los paneles solares amorfos o de capa fina son fabricados con base en la combinación de los siguientes materiales: cobre, indio, selenio, galio, cadmio y telurio. Son paneles de una eficiencia mucho menor que los paneles de cristal, pero con la ventaja de tener un precio bastante económico. Son muy utilizados en construcciones domiciliarias por su precio y su amplia variedad de presentaciones, como son los paneles transparentes y semitransparentes [36].

3.2 Convertidores DC/DC

Los convertidores DCDC son los encargados de regular la energía eléctrica continua y variable proveniente de los paneles solares en energía continua constante. Su salida es conectada a la entrada de alimentación de los inversores y a su vez al banco de baterías. La amplia gama de convertidores DC permiten al sistema fotovoltaico gozar de ciertos beneficios, como es el aprovechamiento de la máxima potencia proveniente de los paneles solares. Para lo cual hacen uso de algoritmos de seguimiento del punto de máxima potencia conocidos como algoritmos MPPT [38].

3.3 Algoritmos MPPT

Los sistemas fotovoltaicos se caracterizan por tener una baja eficiencia de conversión de energía, es decir, no se aprovecha el máximo de la energía captada por los paneles solares. Para solucionar este problema muchos de los sistemas solares utilizan algoritmos para

trabajar en el punto de máxima potencia conocidos como algoritmos MPPT. Estos esquemas son implementados en los convertidores DC o en los inversores solares. Los algoritmos MPPT habituales en la industria son los denominados: perturbador-observador, conductancia incremental y de voltaje a circuito abierto. Siendo el último el menos utilizado por su incorrecto funcionamiento ante la presencia de sombras en los paneles solares [37].

3.4 Inversores

Corresponden al elemento final dentro de una instalación fotovoltaica conectada o desconectada a la red. Se encargan de convertir la energía eléctrica DC proveniente de los paneles solares y del banco de baterías en energía eléctrica alterna lista para conectarse a las cargas de una instalación [30].

Los inversores deben tener una salida de voltaje adecuada para la instalación en la que va a utilizarse. En el Ecuador los inversores generan un voltaje alterno a 60 Hz a 120 Vrms monofásico.

Un inversor ideal debe ser capaz de mantener una amplitud de voltaje constante, frecuencia regular, en el caso de sistemas interconectados a la red se debe garantizar un correcto seguimiento de fase, un elevado factor de potencia, alta eficiencia de conversión y baja distorsión armónica.

3.5 Diseño de Sistemas Fotovoltaicos

3.5.1 Dimensionamiento a partir de una demanda estimada

Para un correcto dimensionamiento de un sistema fotovoltaico se debe realizar un estudio técnico de las condiciones meteorológicas y ambientales del lugar de implementación de los paneles solares y la cantidad y dimensión de las cargas

instaladas. Este análisis requiere del conocimiento de ciertas definiciones tales como [38]:

- Radiación solar: es la energía en forma de radiación electromagnética emitida por el sol hacia la tierra.
- Irradiación solar: es la cantidad de energía por unidad de área medida en Wh/m²
- Irradiancia: es la cantidad de potencia que incide en una superficie medida en W/m²
- HSP: la Hora Solar Pico mide la cantidad de energía que incide sobre una superficie frente a una irradiancia constante de 1 kW/m²

El primer paso de diseño consiste en determinar el promedio de irradiación solar de la zona de donde se realizará la instalación fotovoltaica. Los niveles de irradiación generalmente son medidos por institutos meteorológicos de cada zona, en el caso de que no exista un estudio oficial, se deben realizar mediciones para cada mes del año [39]. En base a lo calculado se procede a determinar el número de hora solar pico HSP dividiendo el valor más bajo de irradiación de entre todos los meses del año para el valor de 1 kW/m².

En segundo lugar, se calcula una tabla de consumo de energía de artefactos de la instalación eléctrica. En la que se debe tomar en cuenta Los tipos de artefactos n , su cantidad m , potencia de funcionamiento P en watts, el número de horas de uso diario t y la carga en Wh/día consumida por cada elemento por día. Así, la ecuación de carga AC instalada es:

$$Carga_{AC} = \sum_{n=1}^n m_n P_n t_n \text{ [Wh/día]} \quad (1)$$

El inversor tiene una eficiencia de conversión de energía f_i por lo que la carga equivalente DC antes del inversor está dada por:

$$Carga_{DC} = \frac{Carga_{AC}}{f_i} [Wh/día] \quad (2)$$

Así mismo, el conversor DC trabaja con una eficiencia de valor f_c de donde la carga DC corregida resulta:

$$Carga_{DCc} = \frac{Carga_{DC}}{f_c} [Wh/día] \quad (3)$$

A partir de este punto es necesario conocer los datos característicos de los paneles solares a usar en la instalación, es decir, los valores de voltaje V_p y corriente I_p en su punto de máxima potencia. De igual manera se define el voltaje del bus DC V_{DC} en donde se conectan las baterías y el conversor DC.

Por consiguiente, el número de paneles conectados en serie está dado por:

$$Paneles_{serie} = \frac{V_{DC}}{V_p} \quad (4)$$

La carga en corriente diaria a suministrar el conjunto de paneles es:

$$I_{DCc} = \frac{Carga_{DCc}}{V_{DC}} [Ah/día] \quad (5)$$

En base al número de hora solar pico HSP la intensidad de corriente queda determinada por:

$$I_{DC} = \frac{I_{DCc}}{HSP} [A/día] \quad (6)$$

De esta manera el número de paneles conectados en paralelo es igual a:

$$Paneles_{paralelo} = \frac{I_{DC}}{I_p} \quad (7)$$

3.5.2 Dimensionamiento a partir del material disponible

Este procedimiento se realiza para determinar los parámetros de

funcionamiento de una instalación solar a partir de los datos de cada instrumento disponible, como los paneles solares, inversores y condiciones ambientales. Los parámetros necesarios para el dimensionamiento se muestran en las tablas Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3

Tabla 1: Datos del panel solar

Descripción	Abreviatura	Unidad
Tensión nominal del panel solar	Vmpp	V
Corriente nominal del panel solar	Impp	A
Tensión open circuit	Voc	V
Corriente short circuit	Isc	A
Temperatura nominal	Tnmot	°C
Coeficiente de temperatura	Pmpp	°C
Coeficiente de temperatura	Voc	°C
Coeficiente de temperatura	Isc	°C
Eficiencia del módulo	Fm	%
Largo	Lp	mm
Ancho	Wp	mm
Alto	Hp	mm
Peso	P	kg

Tabla 2: Datos del inversor

Descripción	Abreviatura	Unidad
Tensión máxima de entrada DC	Vmax	V
Tensión de operación DC	Vop min	V
Tensión de operación DC	Vop Max	V

Número de MPPT	N	U
Rango de Tensión MMPT	Vmppt min	V
Rango de Tensión MMPT	Vmppt max	V
Maxima corriente	Immpt	A
Eficiencia del inversor	Fi	%
Largo	Li	mm
Ancho	Wi	mm
Alto	Hi	mm

Tabla 3. Condiciones Ambientales

Descripción	Abreviatura	Unidad
TEMPERATURA AMBIENTE MAX.	Tambmax	°C
IRRADIACIÓN MÁXIMA	Irrmax	W/m ²
TEMPERATURA AMBIENTE MIN.	Tambmin	°C
IRRADIACIÓN MÍNIMA	Irrmin	W/m ²

El primer paso consiste en calcular la temperatura mínima y máxima de funcionamiento del módulo:

$$T_{max_{mod}} = T_{amb_{max}} + \frac{TONC - 20}{800} I \quad (8)$$

$$T_{min_{mod}} = T_{amb_{min}} + \frac{TONC - 20}{800} I \quad (9)$$

El voltaje máximo y mínimo será:

$$V_{max_{mod}} = V_{mpp(STC)} + (T_{mix_{mod}} - T_{amb})\beta \quad (10)$$

$$V_{min_{mod}} = V_{mpp(STC)} + (T_{max_{mod}} - T_{amb})\beta \quad (11)$$

Donde β es la irradiación máxima en W/m².

Como tercer paso se calcula el número máximo y mínimo de paneles solares

$$No_{modulos_{max}} = \frac{V_{mpptmax}}{V_{max_{mod}}} \quad (12)$$

$$No_{modulos_{min}} = \frac{V_{mpptmin}}{V_{min_{mod}}} \quad (13)$$

Los valores calculados deben redondearse a fin de tener un número entero.

Las tensiones máximas y mínimas del arreglo (string) son:

$$V_{maxstring} = No_{modulos_{max}} \times V_{mpp} \quad (14)$$

$$V_{minstring} = No_{modulos_{min}} \times V_{mpp} \quad (15)$$

La corriente del arreglo será igual a la corriente I_{mpp} que corresponde a la nominal del panel solar

El siguiente paso consiste en calcular la potencia máxima y mínima del arreglo n-ésimo

$$P_{max_{string_n}} = n \times V_{maxstring} \times I_{mpp} \quad (16)$$

$$P_{min_{string_n}} = n \times V_{minstring} \times I_{mpp} \quad (17)$$

La potencia generada por el arreglo diseñado debe ser mayor o igual a la potencia deseada. Con ello se determina el número de arreglos n que satisface la condición.

El número de paneles será:

$$No_{panel} = n \times No_{modulos_{min}} \quad (18)$$

El área requerida por el terreno para la central de generación se calcula mediante

$$Ancho = \frac{No_{modulos_{min}} \times Wp \times 2}{1000} \times 1.4 \quad (19)$$

$$Largo = \frac{n \cdot Lp \cdot 2}{1000} \times 1.4 \quad (20)$$

$$Area = Ancho \times Largo \quad (21)$$

Como consideración, la distancia entre paneles deberá ser mayor a 1 metro para revenir inconvenientes en operaciones y mantenimientos.

La energía obtenida será igual a:

$$E_{dia} = \frac{G_{dm} \times P_{min} \times P_{perd}}{G_{cem}} \times 1 [kWh/día] \quad (22)$$

$$E_{mes} = 30 \times E_{día} \left[\frac{kWh}{mes} \right] \quad (23)$$

$$E_{año} = 12 \times E_{mes} \left[\frac{kWh}{año} \right] \quad (24)$$

Donde G_{dm} es el valor promedio de irradiación diaria sobre el plano generador en $\frac{kWh}{m^2 día}$, P_{perd} corresponde a las potencias de pérdida que tiene un valor equivalente al 25% y $G_{cem} = 1 \frac{kW}{m^2}$.

Como paso final, el ingreso económico dado por el valor de energía vendido será igual a:

$$Ingreso_{mensual} = C_{kwh} \times E_{mes} \times 1000000 \quad (25)$$

$$Ingreso_{anual} = C_{kwh} \times E_{año} \times 1000000 \quad (26)$$

Donde C_{kwh} es el precio en dólares por el kWh de energía.

4. Análisis de la energía solar en el Ecuador

Los grandes beneficios que otorga el uso de energías renovables han hecho que diferentes países latinoamericanos inviertan en esta tecnología. Tal es el caso

de Costa Rica, Brasil y Uruguay donde más del 80% de su generación energética proviene de fuentes alternativas [40].

Por su parte Ecuador hasta el 2016 dependía únicamente de combustibles fósiles. A partir del 2018 se estimó que la producción de electricidad del país provenía de un 72.58% de fuentes renovables con 21,224.31 GWh, siendo la hidroeléctrica la más preponderante mientras que la fotovoltaica aportaba con un 0.13% del total de producción equivalente a 38.08 GWh [41].

Hoy en día el Ecuador se encuentra en una constante evolución energética que busca integrar los sistemas de generación eléctricos a partir de recursos renovables como fuentes principales de producción de electricidad [41].

Las características geográficas del país, así como de su extensa riqueza y variedad climas en cada región lo convierten en un candidato ideal para el aprovechamiento de fuentes de energía renovable. Si bien es cierto, la energía proveniente de fuentes hídricas son las que presentan un uso más destacado, la energía solar cuenta con grandes características que la vuelve atractiva para la empresa pública y privada en cuanto a la inversión se refiere, La Energía Solar en Ecuador [42] es capaz de cubrir una demanda anual de energía con un promedio de 1.6 MWh/m² por año.

En materia de generación de electricidad convencional Ecuador ha evolucionado hacia las energías renovables, pues para el 2016 se mantenía el uso principal de fuentes de energía fósil, en un 90% de la producción total de energía primaria [42]; sin embargo, para el 2018 el balance nacional de energía eléctrica presentado por mostró una producción total de energía eléctrica renovable de 21,224.31 GWh que representó el 72.58% del total de la producción de energía a nivel nacional

que representa el mayor aporte de energía eléctrica en el cual sólo un 0.13% fue por parte de la energía solar fotovoltaica con 38.08 GWh [41].

Estos indicadores han sido motivo de interés para las autoridades ecuatorianas en materia de energía eléctrica y los inversionistas privados debido a que existe un crecimiento de las exportaciones de electricidad que se han mantenido en alza producto de la diversificación de fuentes de generación obtenidas especialmente en la adjudicación de obras de energías renovables, especialmente en los proyectos fotovoltaicos que presentan un mayor rendimiento en Ecuador debido a los altos niveles de radiación que se mantienen durante todo el año en el país por su altitud y latitud [43], es decir al potencial del recurso solar en Ecuador distribuido en menor y mayor medida en las diferentes zonas del país como se ve en el anexo Figura 14.

Actualmente la prestación del servicio de energía eléctrica en Ecuador se realiza a través de 10 empresas de distribución y comercialización llegando a diferentes zonas del país en el cual este servicio se genera a partir de diferentes fuentes, donde el recurso fotovoltaico es el menos utilizado en la red eléctrica nacional.

En el uso de la Energía Solar fotovoltaica, un factor fundamental que incide en su eficiencia es la temperatura del ambiente, y la radiación global debido a que influye en la producción de energía, la cual aumenta a medida en que la temperatura se mantiene menor a los 25°C, por ello, resulta significativamente importante la ubicación geográfica y las condiciones climáticas de las zonas en que se decide instalar los paneles encargados de convertir la energía luminosa en eléctrica.

En este sentido, Ecuador es un país con una posición geográfica privilegiada sobre otros países, en relación con el

aprovechamiento de la energía solar, pues al estar localizado sobre la línea ecuatorial no existe una variación significativa del recurso solar a lo largo del año lo cual reduce la necesidad de utilizar acumuladores de energía. Esto, permite aprovechar en mayor medida el recurso solar durante todo el año con un nivel de radiación promedio de 4574-99 Wh/m²/día [39].

De acuerdo con [44] se ha evidenciado que en Ecuador existen centrales fotovoltaicas cuya eficiencia responde a la ubicación privilegiada respecto al sol. Sin embargo, el desarrollo de este tipo de alternativas energéticas ha sido lento debido a factores burocráticos que no han permitido una mayor inversión tecnológica, así como la ausencia de políticas públicas que favorezcan este tipo de soluciones en materia energética o la escasa información con datos actualizados existentes [45].

En relación con las zonas que presentan características más favorables para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos en Ecuador, diversos estudios coinciden en que la Región Andina y la Cordillera de los Andes (provincias como Loja y la parte sur del Azuay, el centro del país y el centro de Pichincha son áreas que tienen radiación por encima de los 5000 kWh/m²/día) tienen mayor potencial para tal fin [44] basados en resultados del análisis de información cartográfica de los criterios y subcriterios de las páginas oficiales tales como: SC1-Pendiente (%), SC2-Radiación Solar (kWh/m²/día), SC3-Cercanía a vías de comunicación (km) y SC4- Cercanía a redes eléctricas (km).

En este contexto, es preciso entender que el análisis del índice de confiabilidad de un sistema fotovoltaico exige de los siguientes parámetros del recurso renovable (en este caso el recurso solar): radiación global y temperatura.

A pesar de que existe una constante del recurso solar durante el año, existen aspectos relevantes en algunas zonas del país que generan múltiples microclimas y con ello, varían las temperaturas de manera que afecta el potencial fotovoltaico de ciertas regiones como es el caso de la cordillera de los Andes; en estos casos al ser zonas con elevada altitud tienen mayor nivel de radiación que responden al menor espesor de la atmósfera y a una menor presencia de nubes.

El mapa de irradiación global horizontal anual muestra que al menos un 75% del territorio ecuatoriano presenta niveles de irradiación por encima de los 3.8 kWh/m²día lo cual se considera un valor idóneo para la viabilidad de un proyecto fotovoltaico, en este particular Pichincha, Imbabura y Loja se presentan como las zonas con mejores valores para estos fines en el territorio ecuatoriano (Tabla 4).

Tabla 4: Niveles de irradiación solar de las principales provincias en Ecuador

Provincia	Potencial Solar (kWh/m ² día)
Pichincha e Imbabura	4.5-5.7 kWh/m ² día
Loja	4.2-5.7 kWh/m ² día

5. Regulaciones nacionales de la generación fotovoltaica para el autoabastecimiento

El Ecuador cuenta con regulaciones destinadas a reconocer mediante incentivos la producción de energía limpia. A pesar de esto, se considera que las regulaciones vigentes en el país están incompletas y con falta de estudios

especiales que contemplen todas las variaciones que se pueden presentar en sistemas de generación alternativa.

El primer ente emisor de regulaciones CONELEC dicta las siguientes normas:

Regulación No CONELEC-006/08: establece el valor de las tarifas únicas que deben aplicar las empresas de distribución para diferentes tipos de consumo de electricidad. Para lo cual se definen reglas comerciales de funcionamiento dentro del mercado, se dictaminan parámetros regulatorios para el cálculo de las tarifas eléctricas. Establece un método de coordinación con el Ministerio de Finanzas y la aplicación de los pliegos tarifados [46].

Regulación No CONELEC-013/08: dictamina la forma de aplicación de la norma CONELEC-013/08 y complementa los temas relacionados a regular la realización de contratos entre los participantes del mercado y los procesos de transición del modelo de mercado [47].

Regulación No CONELEC-001/09: establece las regulaciones para la participación de productores dentro del sector eléctrico como cogeneradores [48].

Por otra parte, la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) en su resolución ARCERNNR-014/2021 y regulación ARCERNNR-002/21 dictamina la participación de empresas o personas jurídicas en actividades de generación distribuida estableciendo condiciones técnicas y comerciales que deben cumplir para la operatividad de las centrales de generación.

Las condiciones que deben cumplir las empresas se destacan en el artículo 6 de la resolución y son [49]:

- Tener una capacidad nominal en el rango de 100 kW y 10 MW.

- El punto de conexión debe ser cerca de la instalación eléctrica.
- Debe estar conectada a una red de un sistema de distribución de medio o alto voltaje de hasta 138 kV.
- Utilizar una fuente de energía alternativa no convencional.
- Ser construida, operada, mantenida y administrada por Empresas de Generación Distribuida Habilitadas (EGDHs), de acuerdo con los términos establecidos en dicha regulación.

En cuanto a proyectos dirigidos por personas jurídicas se especifican en el artículo 7 y se dividen en las empresas públicas, las empresas privadas (de la economía popular y solidaria y de economía mixta) y los proyectos adosados (Tabla 5). En este particular, es preciso hacer referencia a que no existe restricción respecto a la tecnología en virtud de poder solucionar los problemas relacionados con la calidad del servicio o la seguridad del sistema de distribución, además, se limita a que las centrales se instalen en redes de bajo voltaje o a alimentadores de medio voltaje para favorecer la reducción de las pérdidas técnicas de energía.

Tabla 5: Consideraciones de proyectos de generación dirigidos a personas jurídicas

Tipo de persona jurídica	Tipos de proyecto a desarrollar
Empresas Públicas	Proyectos para abastecimiento de demanda regulada; el trámite se realizará según el procedimiento establecido en el RGLOSPEE y requiere autorización de operación del Ministerio Rector.
Empresas Privadas, de la economía popular y solidaria y de	Proyectos de generación distribuida a base de fuentes renovables en los que el Estado tenga mayoría accionaria. Podrán realizarse proyectos que consten en el PME propuestos por empresas privadas, personas de la economía popular y solidaria y de

economía mixta	economía mixta para la venta a grandes consumidores (entre 1 y 10 MW) siendo el excedente (si los hubiere) para la venta a la demanda regulada (capacidad nominal menor a 1MW).
Proyectos adosados	Las empresas de producción de generación distribuida (EPGD) de economía mixta, privadas o de economía popular y solidaria. Los proyectos de capacidad nominal menor o igual a 1 MW, para el abastecimiento de la demanda regulada deberán atender a las siguientes disposiciones: Los sistemas de generación distribuida deben ubicarse en distancias menores a 1 kilómetro entre sí, en caso de que la suma de sus capacidades nominales sea igual o mayor a 1 MW. Los mismos que deben estar desarrollados por una misma EPGD, o varias EPGDs cuyo proyecto en conjunto sume una capacidad nominal igual o mayor a 1 MW.

En cuanto a la expansión de proyectos de generación a corto, mediano y largo plazo las políticas regulatorias indican que se debe cumplir con los principios de eficiencia, sostenibilidad, calidad, continuidad y seguridad, cumpliendo las consideraciones de:

- Cumplimiento y acatamiento de los plazos de ejecución de los proyectos de acuerdo con los cronogramas previstos.
- Cumplimiento de los niveles mínimos en energía y potencia de acuerdo con los establecido en la normativa vigente.
- Consideración de la interconexión con el sistema petrolero según las capacidades instaladas y la oferta de energía disponible.
- Determinación de la expansión óptima del parque generador.
- Consideración de los intercambios de energía considerados como oportunidades para optimizar los procesos del sistema nacional en materia energética.

- Consideración de una adecuada complementación de la matriz energética

5.1 Pasos Para Ejecutar y Obtener el Título Habilitante

Una persona jurídica debe realizar los pasos especificados en el siguiente flujograma para acceder un título habilitante que le permita la autogeneración de energía fotovoltaica.

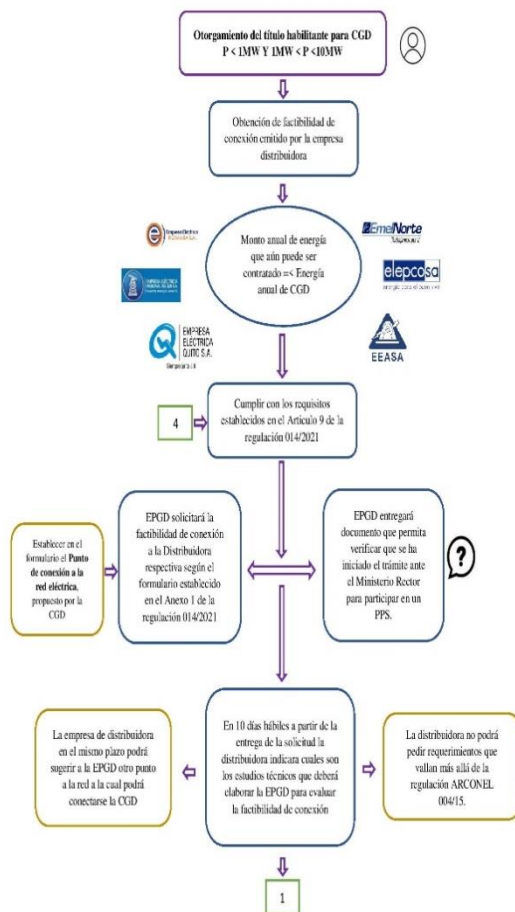


Figura 2. Pasos para obtener un título habilitante (a)

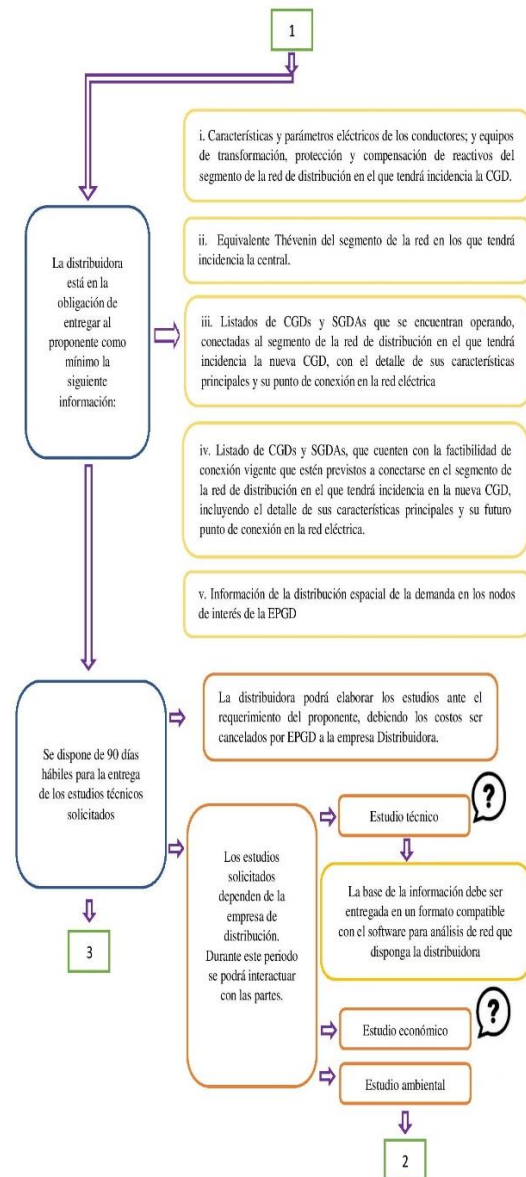


Figura 3. Pasos para obtener un título habilitante (b)

6. Análisis técnico y económico de la producción de energía solar

El análisis técnico verifica si una instalación de generación distribuida en especial a los sistemas de generación solar es viable para su instalación [50].

La disponibilidad de la región ecuatorial para aplicaciones de generación distribuida es apropiada en especial para los casos mencionados en la Tabla 4. Sin embargo hay que mencionar que las regiones Insular, Amazónica y Galápagos cuentan con características similares para aplicaciones de este tipo, como se evidencia en el proyecto de generación mencionado en [25]. Mas los principales inconvenientes por los que no son tomados en cuenta para proyectos de gran envergadura son:

- La alta temperatura que reducen la eficiencia de las instalaciones que en conjunto con una elevada humedad podrían reducir la vida útil de los equipos.
- El efecto sombra que afecta el aprovechamiento de energía de cada celda solar el cual es producido por el nivel de suciedad sobre cada panel como polvo, hojas, la cantidad de edificios o bosques altos alrededor de la instalación o la cantidad de nubosidad que hay en el día.
- El costo de inversión para la compra de equipos adecuados para las condiciones climatológicas en las que estarán sometidos, para su transporte, construcción e instalación.
- Facilidad de acceso a sistemas de distribución nacional para la interconexión a la red.

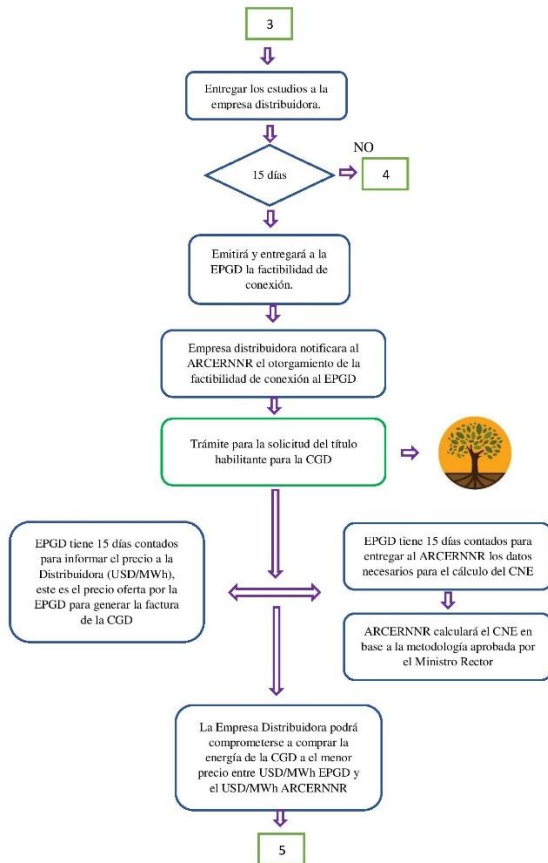


Figura 4. Pasos para obtener un título habilitante (c)

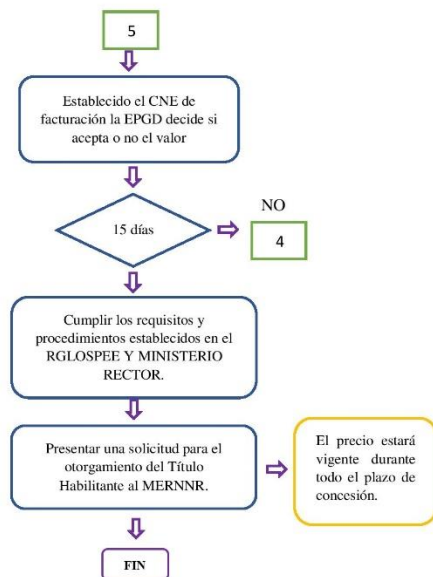


Figura 5. Pasos para obtener un título habilitante (d)

Otros aspectos para considerar son los requerimientos mencionados en las regulaciones de sistemas conectados a la red en los que se especifica entre muchos parámetros la cantidad de contenido armónico inyectado a la red, el factor de potencia, la frecuencia de la onda de voltaje (60 Hz en Ecuador), nivel de voltaje, eficiencia y más [51].

El análisis económico se realiza a partir de los resultados del estudio técnico del lugar en donde se pretende ejecutar el proyecto de generación distribuida a partir de fuentes renovables. Para determinar si la instalación es económicamente viable según los índices VAN y TIR. El precio de una instalación de este tipo depende de los costos de la tecnología a instalarse, como es el caso de los paneles fotovoltaicos, generadores, reguladores de carga, banco de baterías, inversores, transformadores, etc.

Para una instalación fotovoltaica, en [52] se determina una relación entre el precio de construcción de una instalación solar para una determinada capacidad instalada.

Además, se tiene en cuenta que en una instalación fotovoltaica se requiere de artefactos adicionales como son las estructuras de soporte de cada panel, la obra civil en el caso de ser necesaria, medidores bidireccionales para la gestión del autoconsumo y venta de energía, sistemas de protección, entre otros.

En general, para una instalación fotovoltaica domiciliaria el costo promedio de construcción por cada vatio producido es de 4.8 USD/W, en instalaciones comerciales el precio se reduce a 3.4 USD/W y en instalaciones a gran escala a 3.2 USD/W [52].

6.1 Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto es utilizado en proyectos en los que es necesario tener un criterio para realizar o no una inversión.

Este indicador financiero muestra si con el proyecto se va a ganar o perder dinero. Para ello se calcula los flujos de caja hacia el presente según los datos de Inversión inicial I_0 , el número de períodos temporales en las que se divide el proyecto n y la tasa de interés determinada i [53]. La ecuación para calcular el VAN es la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad (27)$$

6.2 Tasa Interna de retorno

La tasa interna de retorno es un indicativo financiero relacionado con el VAN. Y es igual a la tasa de descuento que ocurre cuando se obtiene un valor de VAN igual a cero.

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} \quad (28)$$

En un proyecto es adecuado analizar los valores que va adquiriendo el TIR de acuerdo con los demás parámetros de la ecuación. De tal modo que si el TIR es mayor que cero la inversión a un proyecto es aceptada, si el TIR es igual a cero la inversión puede realizarse teniendo en cuenta si existen otras alternativas que favorezcan a la empresa en cuanto a los beneficios económicos, si el TIR es menor que cero la inversión debe ser negada [53].

7. Beneficios económicos y tributarios de la energía solar en el Ecuador

El aprovechamiento de la energía proveniente del sol es un tema importante que debe ser tomado en cuenta para los sistemas de generación eléctrica puesto que se trata de una fuente inagotable para un periodo de tiempo muy extenso. Al tratarse de una fuente no contaminante ayuda a la reducción de los niveles de

contaminación ambiental en el planeta. Por ello cada país inmiscuido en la generación fotovoltaica ofrece incentivos a los usuarios que invierten en estas tecnologías.

En Ecuador los beneficios económicos ofrecidos por el estado son:

Una independencia energética a largo plazo que implica costos nulos de pagos a la empresa de distribución de energía gracias a la instalación fotovoltaica. Es decir, con el tiempo los ingresos económicos debido a la generación solar solventan los gastos de operación y mantenimiento, y de consumo eléctrico. El único valor que el usuario debe considerar es el costo del dimensionamiento e instalación del sistema de autogeneración fotovoltaico que incluye la mano de obra, costo de equipos y materiales.

Los rubros cobrados por la empresa de distribución de energía eléctrica se reducen ya que el usuario es el que produce y consume su propia energía. Es decir, no existe consumo de la red pública y por lo tanto el precio de la planilla de luz son menores. En este sentido, la ARCONEL incentiva el uso de energías renovables de tipo solar al reducir la tarifa mensual a los usuarios que consuman más de 2000 kWh con una producción de energía de hasta 500 kW al mes.

La autogeneración solar previene que el usuario tenga problemas económicos en el futuro, los mismos que están relacionados a las tarifas de consumo eléctrico cambiantes; que a su vez dependen de los subsidios de combustibles, aumento en los costos de producción y distribución de electricidad, etc.

El transcurso del tiempo hace que las tarifas se adecuen al estado económico actual del país, debido a las posibles eliminaciones de subsidios, aumento en el precio de combustibles, aumento en el

costo de producción de energía, inflación económica, etc. Por lo que las tarifas de energía eléctrica pueden aumentar su valor, de ser el caso, los usuarios que ya cuenten con equipos de producción de energía solar tendrán la ventaja de no ser afectados por los incrementos de precios de energía eléctrica.

Los beneficios tributarios de la autogeneración son:

La eliminación de aranceles destinados a la importación de equipos de producción fotovoltaica y la reducción de costos en instalaciones solares.

Los paneles solares tienen un 0% en el impuesto al valor agregado (IVA).

Una deducción del 100% en conceptos de depreciación y amortización de instrumentos destinados a la producción de energía fotovoltaica y reducción del impuesto a la renta por parte de personas jurídicas. Válido únicamente para el lapso en el que la instalación solar esté en funcionamiento [54].

8. Simulación del sistema.

En el presente artículo muestra cual es el proceso y los puntos a considerar para verificar la viabilidad técnica y económica para la construcción de una CGDs de 1 [MW] enfocada en tecnología Fotovoltaica capaz de identificar cuáles son las condiciones óptimas para que la inversión sea recuperada en un mínimo tiempo y generar un mayor margen de ganancia a futuro. Para la resolución de la problemática se inicia identificando los elementos con los que se puede contar para la construcción de la CGDs, empezando por los paneles solares que por mayor facilidad de instalación se considerara paneles no mayores con un peso menor a 40 kg con el fin de no utilizar maquinaria pesada para la instalación y mantenimiento de los mismo

por lo tanto se considerara los datos detallados a continuación en la tabla 6.

Tabla 6: Especificaciones técnicas del panel solar.

DATOS DEL PANEL SOLAR			
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	VALOR	UNIDAD
Tensión nominal del panel solar	V _{mpp}	41,26	[V]
Corriente nominal del panel solar	I _{mpp}	12,72	[A]
Tensión open circuit	V _{oc}	49,1	[V]
Corriente short circuit	I _{sc}	13,43	[A]
Temperatura nominal	T _{nmot}	41	[°C]
Coeficiente de temperatura	P _{mpp}	0.35%	[°C]
Coeficiente de temperatura	V _{oc}	0.27%	[°C]
Coeficiente de temperatura	I _{sc}	0.045 %	[°C]
Eficiencia del módulo	Eficiencia N	20.50	[%]
Largo	L	2256	[mm]
Ancho	W	1133	[mm]
Alto	H	35	[mm]
Peso	P	27.2	[Kg]

Una vez identificados los datos a utilizar del panel solar se procede a establecer las especificaciones técnicas de Inversor las cuales se presentan en la tabla 7.

Tabla 7: Especificaciones técnicas del panel solar.

DATOS DEL INVERSOR			
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	VALOR	UNIDAD
Potencia Nominal	P _n	100	[kW]
Tensión máxima de entrada DC	V _{max}	1500	[V]
Tensión de operación DC	V _{op min}	750	[V]
Tensión de operación DC	V _{op Max}	1450	[V]
Número de MPPT	Num	1	unidades
Rango de Tensión MMPT	V _{mppt min}	760	[V]
Rango de Tensión MMPT	V _{mppt max}	1300	[V]
Máxima corriente	I _{mmpt}	275	[A]
Eficiencia del inversor	Eficiencia N	98	[%]
Largo	L	250	[mm]
Ancho	W	1150	[mm]
Alto	H	616	[mm]

Para la selección del inversor se ha considerado una potencia nominal de 100 [kW] correspondientes al 10% de la producción que se tendrá en una central fotovoltaica de 1 [MW] con el fin de que si existe una falla en alguno de los paneles solo se pierda un 10% de la producción hasta solucionar cualquier inconveniente que se presente. En la tabla 8 se describe las condiciones ambientales de diseño.

Tabla 8. Especificaciones técnicas del panel solar.

CONDICIONES AMBIENTALES		
DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
TEMPERATURA AMBIENTE MAX.	27	°C
IRRADIACIÓN MÁXIMA	957.45	W/m ²
TEMPERATURA AMBIENTE MIN.	-4.3	°C
IRRADIACIÓN MÍNIMA	100	W/m ²

9. Casos de estudio

Para el análisis técnico y económico de la construcción de la central de 1[MW] se ha considera el precio de venta del kW/h al cual la empresa distribuidora estaría dispuesta a negociar, por lo tanto, se han establecido 7 casos de estudio para los cuales se considera a partir de 0.07 USD/kWh hasta los 14 USD/kWh en saltos de 0.01 USD, para el análisis financiero se considera el peor escenario de niveles de irradiación solar en las principales provincias con potencial fotovoltaico en Ecuador (4.2 [kWh/m²día]).

10. Resultados

En base a la simulación realizada se ha determinado que para una central de 1 MW se debe implementar 10 inversores a los cuales a cada inversor se conectaran 200 paneles solares los cuales están distribuidos en 10 arreglos dando como resultado un total de 2000 paneles solares; la central dada as características mencionadas requiere un área aproximada de 1 hectáreas.

En la Figura 6 se visualiza el ingreso anual obtenido en base a los casos de estudio establecido, además se realiza una variación a la irradiación del sistema.

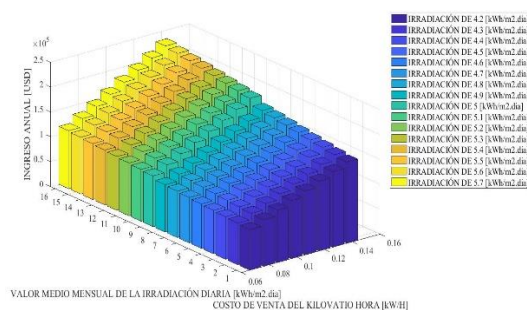


Figura 6. Irradiación vs ingreso anual vs costo Kilovatio hora.

Como se detalla en la Figura 8 al incrementar el precio de venta del kW/h los ingresos anuales aumentan directamente, es muy importante considerar el lugar donde estará ubicada de la central fotovoltaica ya que la irradiación es un factor que afecta directamente en los ingresos anuales.

Para el análisis económico se ha considerado la inversión más alta que se puede generar según la regulación ARCERNR-002/21 la cual sería en una central de 1 [MW], para ellos e ha considerado los costos de inversión, operación, mantenimiento y costo indirectos durante el periodo de 15 años los cuales podemos observar en la Figura 7.

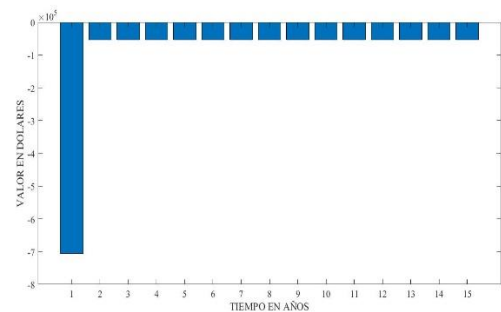


Figura 7. Egreso anual.

Con el fin de determinar el flujo de caja para cada caso de estudio se considera los ingresos y egresos previamente calculados con el fin de establecer en que años se recupera la inversión según el precio de vente del kW/h como se muestra en la Figura 8.

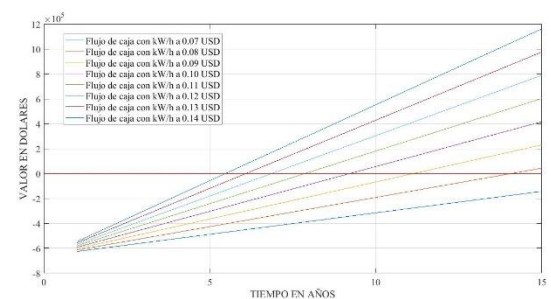


Figura 8. Flujo de caja.

Implementando los 7 casos de estudio se calcula el valor actual neto o VAN el cual se muestra en la Figura 9, para ello se considera un interés del 7%.

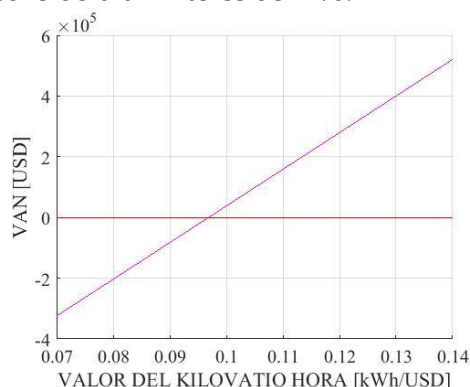


Figura 9. Valor actual neto.

En la Figura 10 muestra la Tasa Interna de Retorno o TIR que resulta en cada caso de estudio.

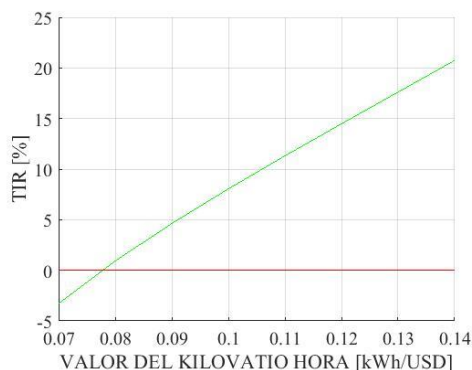


Figura 10. Tasa interna de retorno.

11. Conclusiones

Para determinar los costos directos que pueden llegar a incurrir en la construcción de la central fotovoltaica planteada consideramos los egresos generados anualmente, en el primer año son elevados en comparación con los demás años, esto se debe a que durante el primer año se consideran los costos de construcción de la central \$706,098.93 USD y los costos de operación y mantenimiento \$53,017.60 USD, a partir

del segundo año se consideran únicamente los costos de operación y mantenimiento de la central.

Para poder determinar si una central fotovoltaica es una inversión adecuada se deben considerar dos parámetros que influyen directamente en el ingreso anual de la central los cuales son la irradiación y el precio de venta a la empresa distribuidora; es por eso que para el peor escenario de niveles de irradiación solar en las principales provincias con potencial fotovoltaico en Ecuador (4.2 [kWh/m²día]) los proyectos no son viables a un precio de venta menor a \$ 0.10 kWh/USD, mientras que para los mejores niveles de irradiación (5.7 kWh/m²día).

En base al flujograma detallado en el presente artículo quedan claros los pasos a seguir para la obtención del título habilitante de una central fotovoltaica de generación y autogeneración entre 100 kW y 1 MW en el cual podemos observar que no existe ningún limitante hacia el inversionista privado para llevar a obtener el título habilitante, simplemente debe disponer una solvencia económica para poder asumir los costos de inversión de una central fotovoltaica. La regulación ARCERNNR-002/21 sin duda es un incentivo para traer al inversionista privado en el mundo de la generación eléctrica en el país debido a que establece los criterios, parámetros y pasos a seguir para la obtención de un título habilitante de una central fotovoltaica tanto para generación y autogeneración entre 100 kW y 1 MW; sin embargo, la regulación deja al criterio de las empresas distribuidora el precio de compra del kWh/USD por lo que una vez establecidos los costos de construcción de la central se debe negociar el valor de venta de la energía lo cual crea una incertidumbre de en donde colocar la central y cuál es la empresa distribuidora

que puede ofrecer un mejor costo de venta considerando que los estudios necesarios para llegar al punto de la negociación ya son considerados como inversión.

12. Trabajos futuros

En futuras investigaciones se deberá realizar el estudio de sobredimensionamiento de potencia de la planta y la implementación de baterías para almacenar energía y poder seguir suministrando energía en horas que no se cuenta con irradiación solar en las cuales existe la mayor cantidad horas pico de demanda.

13. Referencias

- [1] J. Vizhñay, M. Rojas y C. Barreto, «Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador,» Loja, 2018.
- [2] Á. Párraga, A. Intriago, E. Velasco, V. Cedeño, N. Murillo y F. Zambrano, «Producción de energía eólica en Ecuador,» Ciencia Digital, 2019.
- [3] C. Aolis, «El consumo de energía renovable y el crecimiento económico. Un análisis para Ecuador,» Ambato, 2019.
- [4] Bernardelli, «Energía Solar Termodinámica en América Latina: Los casos de Brasil, Chile y México,» Cepal.
- [5] C. Hernández y E. Rivas, «La Influencia de los Niveles de Penetración de la Generación Distribuida en los Mercados Energéticos,» La Serena, vol. 29, nº 1, 02 2018.
- [6] G. Barandiarán, «Plan De Negocios De Empresa Comercializadora De Sistemas Integrados De Generacion De Energía Fotovoltaica Para Viviendas,» Lima, 2017.
- [7] M. Minango, «Modelo Para El Análisis Técnico-Económico De La Factibilidad De Microcentrales Eólicas Para Generación Distribuida,» Quito, 2014.
- [8] E. Díaz, «La Concesión Eléctrica Para Producir Electricidad En El Perú Con Energía Solar Fotovoltaica,» Arequipa, 2015.
- [9] P. Villaseca, «Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica en el Perú,» Piura, 2020.
- [10] C. Jara, «Implementación de Energía Fotovoltaica para optimizar el Costo por Consumo de Energía Eléctrica en Edificio Multifamiliar del Distrito de Baños del Inca Cajamarca,» Colecciones Trujillo, Trujillo, 2018.
- [11] E. Pérez, «Diseño De Un Sistema Fotovoltaico Para El Suministro De Energía Eléctrica Al Anexo Piedras Coloradas, 2016,» Cajamarca, 2016.
- [12] E. Robberechts, «Cuatro países que lideran en energía solar en América Latina y el Caribe,» BID Invest, 2022. [En línea]. Available: <https://www.idbinvest.org/es/blog/energia/cuatro-paises-que-lideran-en-energia-solar-en->

america-latina-y-el-caribe.
[Último acceso: 03 02 2022].

- [13] V. López, «Desarrollo y Desafíos de Proyectos de Generación de Energía Solar Fotovoltaica en Chile,» Santa María, 2019.
- [14] G. Valdés, E. Rodríguez, C. Miranda y J. Lillo, «Estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía distribuida en la ciudad de Arica, Chile,» Información Tecnológica, vol. 31, n° 3, 06 2020.
- [15] R. Rodríguez y C. Francisca, «Análisis de incentivos a la energía solar en una ciudad utilizando modelos de proyección de energía,» Santiago de Chile, 2017.
- [16] CONACYT, «México es el segundo país latinoamericano con mayor capacidad solar instalada,» Agencia Informativa, 2014. [En línea]. Available: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/energia/486-nota-20-nov-la-central-mas-grande-de-generacion-fotovoltaica-en-mexico-y-en-latinoamerica>. [Último acceso: 04 02 2022].
- [17] Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático, «Aprovechamiento de la Energía Solar Fotovoltaica en el Estado de México,» México, 2017.
- [18] R. Bautista y D. Terrazas, «La viabilidad de invertir en almacenamiento de energía solar en México: un enfoque de opciones reales,» Centro de Estudios Económicos, México, 2021.
- [19] V. López, C. Álvarez y L. Moreno, «La Cadena de Suministro de la Energía Solar,» Conciencia Tecnológica, México, 2012.
- [20] P. Pérez, K. Whiting y L. Carmona, «Aplicación de la energía solar fotovoltaica interconectada a la red eléctrica. Caso de estudio Thierhaupten-Alemania,» 2014.
- [21] J. Roca, «El ‘boom’ solar alemán continuará en 2021,» El periódico de la energía, 04 01 2021. [En línea]. Available: <https://elperiodicodelaenergia.com/el-boom-solar-aleman-continuara-en-2021/>. [Último acceso: 04 02 2022].
- [22] Sistema de Integración Centroamericana, «Alemania se divorcia de nuclear y petróleo, apostando por solar, eólica y biomasa,» SICA, 28 11 2016. [En línea]. Available: <https://www.sica.int/busqueda/Noticias.aspx?IDItem=105279&IDCat=3&IDEnt=1225&IDm=1&IDmStyle=1>. [Último acceso: 04 02 2022].
- [23] F. Durán, «La Generación Distribuida: Retos frente al Marco Legal del Mercado Eléctrico Ecuatoriano,» Energía Revista Técnica, vol. 10, n° 1, 2014.
- [24] J. Muñoz, M. Rojas y C. Barreto, «Incentivos a la generación distribuida en el Ecuador,» Ingenius, n° 19, 2018.

- [25] CELEC EP, «Manabí Tendrá La Central De Energía Fotovoltaica Más Grande Del País,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.celec.gob.ec/enerjubones/index.php/sala-prensa/noticias/123-manabi-tendra-la-central-de-energia-fotovoltaica-mas-grande-del-pais>. [Último acceso: 04 02 2022].
- [26] S. Umaña, «Modelo De Negocio Para Propiciar La Conexión A Red De Sistemas Fotovoltaicos En Unidades De Vivienda Subsidiadas Del Departamento Del Atlántico,» Barranquilla, 2019.
- [27] A. Gómez, «Plan De Negocios De Empresa Comercializadora De Sistemas Integrados De Generación De Energía Fotovoltaica Para Viviendas,» PAD Escuela de Dirección, Lima, 2017.
- [28] P. Toledo, «Estudio y desarrollo de un proyecto de urbanización residencial aislado abastecido con fuentes de energía renovables,» Cartagena, 2020.
- [29] K. Tarrillo, «Utilización De La Energía Eólica Y Solar Como Fuente Para El Suministro De Energía Eléctrica Al Caserío Alto Pongoya En Chimban Provincia De Chota Departamento De Cajamarca,» Lambayeque, 2019.
- [30] A. Gonzáles, «Inversores inteligentes de energía solar fotovoltaica,» México, 2019.
- [31] J. Sanz, «Energía hidroeléctrica,» Prensas impresas de Zaragoza, Zaragoza, 2008.
- [32] Endesa Fundation, «Centrales de biomasa y sus tipos,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-renovables/central-de-biomasa>. [Último acceso: 26 01 2022].
- [33] F. Gómez, «Generación de energía a partir de la biomasa,» 04 2016. [En línea]. Available: <http://www.oas.org/es/sedi/DSD/Biodiversidad/Eventos/Cursos/RepublicaDominicana/Módulo%20V/Documentos/Biomasa%20como%20fuente%20de%20energía%20en%20República%20Dominicana.pdf>. [Último acceso: 26 01 2022].
- [34] AutoSolar, «Paneles solares monocristalinos,» 2021. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/paneles-solares/paneles-solares-monocristalinos>. [Último acceso: 19 01 2021].
- [35] AutoSolar, «Paneles solares policristalinos,» 2021. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/paneles-solares/paneles-solares-policristalinos>. [Último acceso: 19 01 2021].
- [36] TRITEC Intervento, «Tipos de paneles fotovoltaicos,» 18 08 2017. [En línea]. Available: <https://tritec-intervento.cl/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>. [Último acceso: 19 01 2021].

- [37] MathWorks, «Algoritmo MPPT,» 2022. [En línea]. Available: <https://la.mathworks.com/solutions/power-electronics-control/mppt-algorithm.html>. [Último acceso: 26 01 2022].
- [38] J. Guevara, «Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada,» Madrid.
- [39] CONELEC, «Atlas Solar Del Ecuador Con Fines De Generación Eléctrica,» Corporación para la Investigación Energética, 2008. [En línea]. Available: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00041.pdf>. [Último acceso: 01 02 2022].
- [40] M. Quinteros y D. Morales, «Análisis multicriterio para la localización de centrales fotovoltaicas de gran escala,» NOVASINERGIA, Cuenca, 2020.
- [41] Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, «Balance Energético Nacional,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.recursoyenergia.gob.ec>. [Último acceso: 27 01 2022].
- [42] M. Cumbajín, L. Ramírez y C. Gordón, «Integración de energías renovables en el sistema de energía eléctrica convencionales basados en confiabilidad computacional,» 2019.
- [43] G. Coba, «Inversiones de proyectos de energía renovable en Ecuador suman USD 400 millones,» 22 05 2021. [En línea]. Available: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/energia-renovable-inversion-extranjera-directa/>. [Último acceso: 2022].
- [44] J. Cevallos y J. Ramos, «Spatial assesment of the potential of renewable energy: The case of Ecuador,» 2018.
- [45] X. Xu, Z. Wei, Q. Ji, C. Wang y G. Gao, «Global renewable energy evelopment: Influencing factors, trend predictions and countermeasures,» 2019.
- [46] CONELEC, «REGULACIÓN No. CONELEC - 006/08,» 2008.
- [47] CONELEC, «REGULACIÓN No. CONELEC - 013/08,» 2008.
- [48] CONELEC, «Regulación No. Conelec-001/09,» 2009.
- [49] ARCERNNR, «Resolución Nro. Arcernnr-014/2021,» 2021.
- [50] Ministerio de energía de Chile, «química, Pre-factibilidad técnica y económica para la instalación de una planta FV en industria,» Santiago de Chile, 2015.
- [51] D. Lojano y O. Rios, «Análisis técnico-económico para la generación de energía solar fotovoltaica en el Ecuador y su conexión a la red pública, basada en el artículo 63 de la regulación No. CONELEC-004/11,» Cuenca, 2013.
- [52] L. Higuera y H. Valencia, «Análisis de factibilidad de un proyecto de autogeneración eléctrica fotovoltaica en Colombia para áreas productivas menores de 10.000 m²,» Medellín, 2017.

- [53] UNIR, «¿Qué es y cómo calcular la TIR (Tasa Interna de Retorno)?», 2022. [En línea]. Available:
<https://www.unir.net/empresa/revista/como-calcular-tir-tasa-interna-retorno/>. [Último acceso: 03 02 2022].
- [54] «Beneficios Económicos Y Tributarios De La Energía Solar En Ecuador», Enercity SA, 13 11 2019. [En línea]. Available:
<https://enercitysa.com/blog/beneficios-economicos-y-tributarios-de-la-energia-solar-en-ecuador/>. [Último acceso: 12 11 2021].

13.1 Matriz del Estado del Arte

Tabla 9: Matriz de estado del arte.

VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INVERSIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y AUTOGENERACIÓN FOTOVOLTAICAS																											
DATOS				TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO					RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA				
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Generación distribuida	Generación y autogeneración renovable	Regulaciones para sistemas fotovoltaicos	Potencial de generación solar	Costos de producción solar	Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos	Generación y autogeneración distribuida	Viabilidad técnica de instalaciones solares	Viabilidad económica de instalaciones solares	Marco regulatorio para la autogeneración distribuida solar	inversión destinada proyectos fotovoltaicos	Viabilidad técnica y económica de la autogeneración solar	Potencial fotovoltaico	Marco regulatorio de autogeneración solar	Tecnología solar	Incrementar las regulaciones de la autogeneración distribuida fotovoltaica	Aprovechamiento de regiones con mejor potencial solar	Invertir a la tecnología fotovoltaica	Incrementar el número de proyectos fotovoltaicos	Incrementar las regulaciones de la autogeneración distribuida fotovoltaica	Aprovechamiento de regiones con mejor potencial solar	Invertir a la tecnología fotovoltaica	Incrementar el número de proyectos fotovoltaicos	
1	2018	Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador	23	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐
2	2019	Producción de energía eólica en Ecuador	8	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐
3	2019	El consumo de energía renovable y el crecimiento económico. Un análisis para Ecuador		☒	☒	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☒	☐
4	2011	Energía Solar Termodinámica en América Latina: Los casos de Brasil, Chile y México	14	☐	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
5	2018	La Influencia de los Niveles de Penetración de la Generación Distribuida en los Mercados Energéticos	9	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐
6	2017	PLAN DE NEGOCIOS DE EMPRESA COMERCIALIZADORA DE SISTEMAS INTEGRADOS DE GENERACION DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA VIVIENDAS	2	☐	☒	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒
7	2014	MODELO PARA EL ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA FACTIBILIDAD DE MICROCENTRALES EÓLICAS PARA GENERACIÓN DISTRIBUIDA		☐	☒	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐

VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INVERSIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y AUTOGENERACIÓN FOTOVOLTAICAS																											
DATOS				TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO					RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA				
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Generación distribuida	Generación y autogeneración renovable	Regulaciones para sistemas fotovoltaicos	Potencial de generación solar	Costos de producción solar	Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos	Generación y autogeneración distribuida	Viabilidad técnica de instalaciones solares	Viabilidad económica de instalaciones solares	Marco regulatorio para la autogeneración distribuida solar	inversión destinada proyectos fotovoltaicos	Viabilidad técnica y económica de la autogeneración solar	Potencial fotovoltaico	Marco regulatorio de autogeneración solar	Tecnología solar	Incrementar las regulaciones de la autogeneración distribuida fotovoltaica	Aprovechamiento de regiones con mejor potencial solar	Invertir a la tecnología fotovoltaica	Incrementar el número de proyectos fotovoltaicos	Incrementar las regulaciones de la autogeneración distribuida fotovoltaica	Aprovechamiento de regiones con mejor potencial solar	Invertir a la tecnología fotovoltaica	Incrementar el número de proyectos fotovoltaicos	
8	2015	LA CONCESIÓN ELÉCTRICA PARA PRODUCIR ELECTRICIDAD EN EL PERÚ CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	3	☐	☒	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐
9	2020	Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica en el Perú		☐	☒	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐
10	2018	Implementación de Energía Fotovoltaica para optimizar el Costo por Consumo de Energía Eléctrica en Edificio Multifamiliar del Distrito de Baños del Inca Cajamarca,» Colecciones Trujillo, Trujillo	2	☐	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒
11	2016	DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL ANEXO PIEDRAS COLORADAS	1	☐	☒	☐	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒
12	2022	Cuatro países que lideran en energía solar en América Latina y el Caribe		☐	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐
13	2019	Desarrollo y Desafíos de Proyectos de Generación de Energía Solar Fotovoltaica en Chile	2	☒	☒	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☐	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐
14	2020	Estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía distribuida en la ciudad de Arica, Chile	7	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐
15	2017	Análisis de incentivos a la energía solar en una ciudad utilizando modelos de proyección de energía	2	☒	☒	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒
16	2014	México es el segundo país latinoamericano con mayor capacidad solar instalada		☐	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☒
17	2017	Aprovechamiento de la Energía Solar Fotovoltaica en el Estado de México		☐	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☒

VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INVERSIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y AUTOGENERACIÓN FOTOVOLTAICAS																											
DATOS				TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO					RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA				
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Generación distribuida	Generación y autogeneración renovable	Regulaciones para sistemas fotovoltaicos	Potencial de generación solar	Costos de producción solar	Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos	Generación y autogeneración distribuida	Viabilidad técnica de instalaciones solares	Viabilidad económica de instalaciones solares	Marco regulatorio para la autogeneración distribuida solar	inversión destinada proyectos fotovoltaicos	Viabilidad técnica y económica de la autogeneración solar	Potencial fotovoltaico	Marco regulatorio de autogeneración solar	Tecnología solar	Incrementar las regulaciones de la autogeneración distribuida fotovoltaica	Aprovechamiento de regiones con mejor potencial solar	Invertir a la tecnología fotovoltaica	Incrementar el número de proyectos fotovoltaicos	Incrementar las regulaciones de la autogeneración distribuida fotovoltaica	Aprovechamiento de regiones con mejor potencial solar	Invertir a la tecnología fotovoltaica	Incrementar el número de proyectos fotovoltaicos	
18	2021	La viabilidad de invertir en almacenamiento de energía solar en México: un enfoque de opciones reales	4	☐	☒	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒
19	2012	La Cadena de Suministro de la Energía Solar,» Conciencia Tecnológica, México	8	☐	☒	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐
20	2014	Aplicación de la energía solar fotovoltaica interconectada a la red eléctrica. Caso de estudio Thierhaupten-Alemania	4	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐
21	2021	El ‘boom’ solar alemán continuará en 2021		☐	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☐
22	2016	Alemania se divorcia de nuclear y petróleo, apostando por solar, eólica y biomasa		☐	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☐
23	2014	La Generación Distribuida: Retos frente al Marco Legal del Mercado Eléctrico Ecuatoriano	11	☒	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☐	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐
24	2018	Incentivos a la generación distribuida en el Ecuador	40	☒	☐	☒	☐	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐
25	2018	MANABÍ TENDRÁ LA CENTRAL DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA MÁS GRANDE DEL PAÍS		☐	☒	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
26	2019	MODELO DE NEGOCIO PARA PROPICIAR LA CONEXIÓN A RED DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN UNIDADES DE VIVIENDA SUBSIDIADAS DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO		☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
27	2017	PLAN DE NEGOCIOS DE EMPRESA COMERCIALIZADORA DE SISTEMAS INTEGRADOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA VIVIENDAS	2	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒

VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INVERSIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y AUTOGENERACIÓN FOTOVOLTAICAS																											
DATOS				TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO					RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA				
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Generación distribuida	Generación y autogeneración renovable	Regulaciones para sistemas fotovoltaicos	Potencial de generación solar	Costos de producción solar	Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos	Generación y autogeneración distribuida	Viabilidad técnica de instalaciones solares	Viabilidad económica de instalaciones solares	Marco regulatorio para la autogeneración distribuida solar	inversión destinada proyectos fotovoltaicos	Viabilidad técnica y económica de la autogeneración solar	Potencial fotovoltaico	Marco regulatorio de autogeneración solar	Tecnología solar	Incrementar las regulaciones de la autogeneración distribuida fotovoltaica	Aprovechamiento de regiones con mejor potencial solar	Invertir a la tecnología fotovoltaica	Incrementar el número de proyectos fotovoltaicos	Incrementar las regulaciones de la autogeneración distribuida fotovoltaica	Aprovechamiento de regiones con mejor potencial solar	Invertir a la tecnología fotovoltaica	Incrementar el número de proyectos fotovoltaicos	
28	2020	Estudio y desarrollo de un proyecto de urbanización residencial aislado abastecido con fuentes de energía renovables	2	☐	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
29	2019	UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR COMO FUENTE PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO ALTO PONGOYA EN CHIMBAN PROVINCIA DE CHOTA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	2	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
30	2019	Inversores inteligentes de energía solar fotovoltaica		☐	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐
31	2008	Energía hidroeléctrica		☒	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
32	2022	Centrales de biomasa y sus tipos		☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
33	2016	Generación de energía a partir de la biomasa		☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
34	2021	Paneles solares monocristalinos		☐	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
35	2021	Paneles solares policristalinos		☐	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
36	2017	Tipos de paneles fotovoltaicos		☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
37	2022	Algoritmo MPPT		☐	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INVERSIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y AUTOGENERACIÓN FOTOVOLTAICAS																											
DATOS				TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO					RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA				
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Generación distribuida	Generación y autogeneración renovable	Regulaciones para sistemas fotovoltaicos	Potencial de generación solar	Costos de producción solar	Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos	Generación y autogeneración distribuida	Viabilidad técnica de instalaciones solares	Viabilidad económica de instalaciones solares	Marco regulatorio para la autogeneración distribuida solar	inversión destinada proyectos fotovoltaicos	Viabilidad técnica y económica de la autogeneración solar	Potencial fotovoltaico	Marco regulatorio de autogeneración solar	Tecnología solar	Incrementar las regulaciones de la autogeneración distribuida fotovoltaica	Aprovechamiento de regiones con mejor potencial solar	Invertir a la tecnología fotovoltaica	Incrementar el número de proyectos fotovoltaicos	Incrementar las regulaciones de la autogeneración distribuida fotovoltaica	Aprovechamiento de regiones con mejor potencial solar	Invertir a la tecnología fotovoltaica	Incrementar el número de proyectos fotovoltaicos	
38	sf	Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada	4	☐	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒
39	2008	ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA	6	☐	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☐	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐
40	2020	Análisis multicriterio para la localización de centrales fotovoltaicas de gran escala	5	☐	☒	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒
41	2020	Balance Energético Nacional		☐	☒	☒	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
42	2019	Integración de energías renovables en el sistema de energía eléctrica convencionales basados en confiabilidad computacional	3	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐
43	2021	Inversiones de proyectos de energía renovable en Ecuador suman USD 400 millones		☐	☒	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒
44	2018	Spatial assesment of the potential of renewable energy: The case of Ecuador	63	☐	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
45	2019	Global renewable energy evelopment: Influencing factors, trend predictions and countermeasures	140	☐	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐
46	2008	REGULACIÓN No. CONELEC - 006/08		☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
47	2008	REGULACIÓN No CONELEC - 013/08		☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
48	2009	REGULACIÓN No CONELEC-001/09		☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INVERSIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y AUTOGENERACIÓN FOTOVOLTAICAS																											
DATOS				TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO					RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA				
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Generación distribuida	Generación y autogeneración renovable	Regulaciones para sistemas fotovoltaicos	Potencial de generación solar	Costos de producción solar	Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos	Generación y autogeneración distribuida	Viabilidad técnica de instalaciones solares	Viabilidad económica de instalaciones solares	Marco regulatorio para la autogeneración distribuida solar	inversión destinada proyectos fotovoltaicos	Viabilidad técnica y económica de la autogeneración solar	Potencial fotovoltaico	Marco regulatorio de autogeneración solar	Tecnología solar	Incrementar las regulaciones de la autogeneración distribuida fotovoltaica	Aprovechamiento de regiones con mejor potencial solar	Invertir a la tecnología fotovoltaica	Incrementar el número de proyectos fotovoltaicos	Incrementar las regulaciones de la autogeneración distribuida fotovoltaica	Aprovechamiento de regiones con mejor potencial solar	Invertir a la tecnología fotovoltaica	Incrementar el número de proyectos fotovoltaicos	
49	2021	RESOLUCIÓN Nro. ARCERNR-014/2021		☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
50	2015	Pre-factibilidad técnica y económica para la instalación de una planta FV en industria	4	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒
51	2013	Análisis técnico-económico para la generación de energía solar fotovoltaica en el Ecuador y su conexión a la red pública, basada en el artículo 63 de la regulación No. CONELEC-004/11	2	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☒
52	2017	Análisis de factibilidad de un proyecto de autogeneración eléctrica fotovoltaica en Colombia para áreas productivas menores de 10.000 m²	4	☒	☒	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☒
53	2022	¿Qué es y cómo calcular la TIR (Tasa Interna de Retorno)?		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
54	2019	Beneficios Económicos Y Tributarios De La Energía Solar En Ecuador		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
			CANTIDAD:	18	51	15	39	29	10	22	31	31	14	35	30	33	14	40		10	21	20	14	11	31	31	16

13.2 Resumen de Indicadores

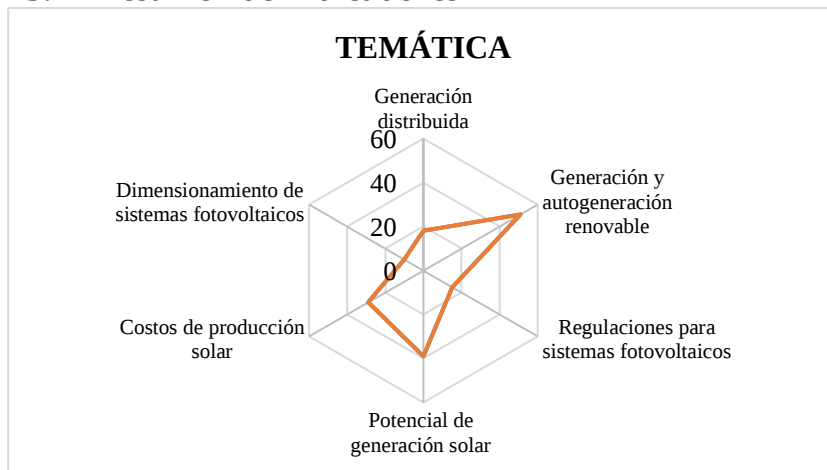


Figura 11. Resumen e indicador de la temática - Estado del arte.

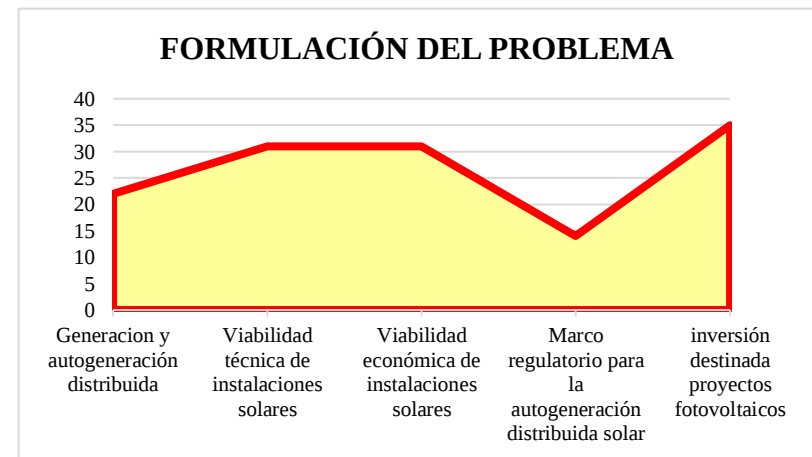


Figura 12. Indicador de formulación del problema - Estado del arte.

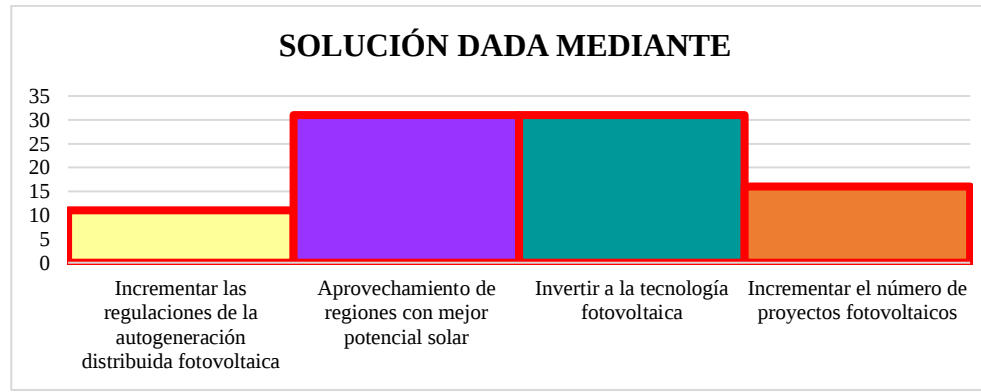


Figura 13. Indicador de solución - Estado del arte.

14. Anexos

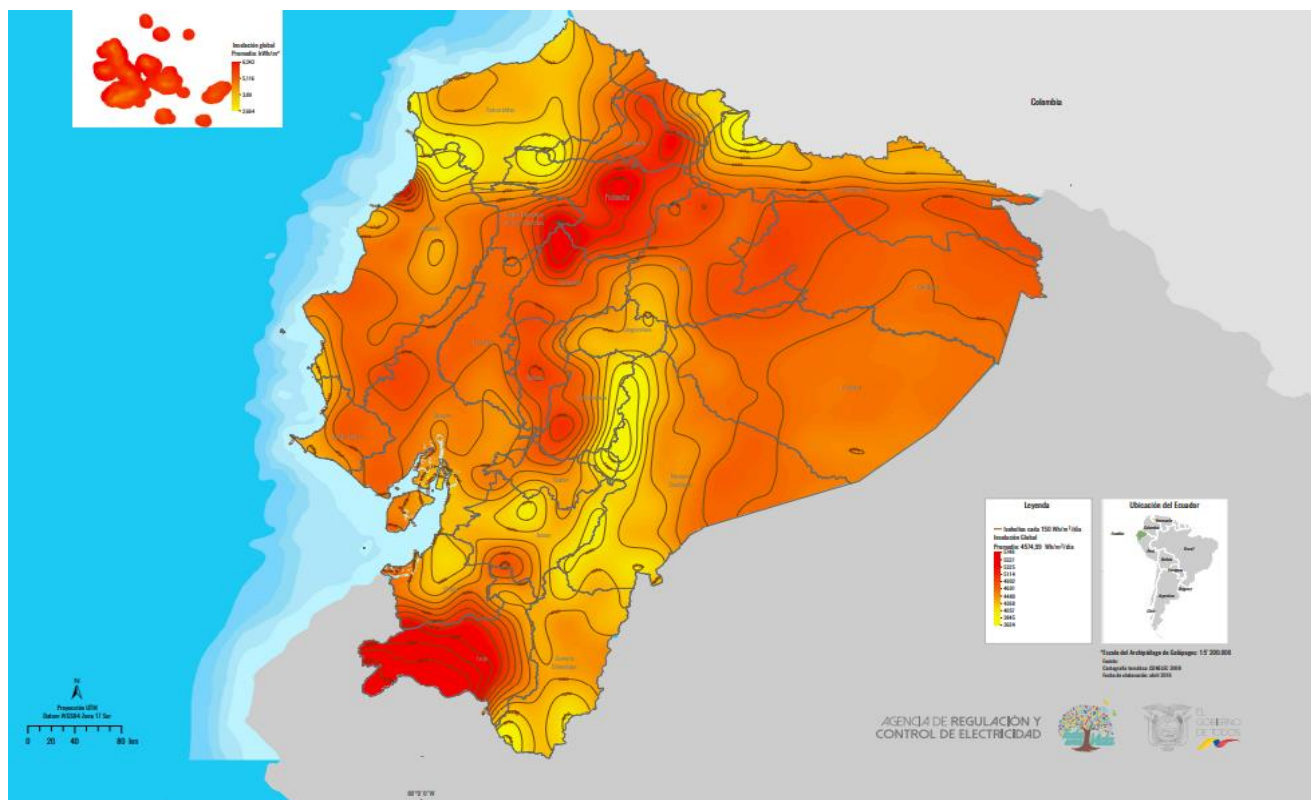


Figura 14. Potencial solar en Ecuador