



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

AREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

Energía solar fotovoltaica conectada a red y su impacto de implementación en las familias, la industria y la economía ecuatoriana.

TRABAJO DE TITULACIÓN.

AUTOR: Correa Guaman, Angel Bayron

DIRECTOR: Febres Eguiguren, Juan Diego, Mgtr.

LOJA – ECUADOR
2019

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Magister.

Juan Diego Febres Eguiguren

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mis consideraciones:

El presente trabajo de titulación: Energía solar fotovoltaica conecta a red y su impacto de implementación en las familias, la industria y la economía ecuatoriana realizado por Angel Bayron Correa Guaman, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, agosto del 2019

Firma:

DECLARACIÓN DE AUTORIA Y SECCIÓN DE DERECHOS

Yo, **Angel Bayron Correa Guaman** declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Energía solar fotovoltaica conectada a red y su impacto de implementación en las familias, la industria y la economía ecuatoriana, de la titulación de ingeniería industrial, siendo el Mgtr. Juan Diego Febres director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del estatuto orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional de la Universidad”

Firma:

Autor: Angel Bayron Correa Guaman

Cédula: 1104270945

DEDICATORIA

Deseo dedicar la presente tesis a mi esposa Nora Atiencie y a mi madre Carmen Correa, agradecerles por su ayuda, aprecio y dedicación constante que es lo que me han impulsado a conseguir uno de los objetivos que deseaba alcanzar en mi vida. También quiero dedicar este trabajo de investigación a toda mi familia, siempre me ha hecho sentir especial en este mundo y esas muestras de aprecio es la riqueza más importante que poseo.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero agradecer a mis compañeros de clase, he aprendido mucho de todos ustedes, siempre han logrado sacarme una sonrisa y hacer que esta experiencia sea inolvidable, estoy muy agradecido por ello.

A mis docentes quiero agradecerles por las enseñanzas impartidas a lo largo de estos años en las aulas y por haber compartido sus experiencias con nosotros, entregándonos un activo muy valioso que nos permitirá aportar al crecimiento de nuestra sociedad.

Un agradamieto muy especial a la Universidad Técnica Particular de Loja, ya que es una institución en donde no solo se aprende en las aulas, sino también en el entorno y en la forma de gestionar el conocimiento para que tenga como objetivo principal el servicio a la sociedad.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPITULO I. MARCO TEORICO	5
1.1 Energía solar.....	6
1.1.1 Que es la energía solar.....	6
1.1.2 Colector solar.	6
1.1.3 Módulos fotovoltaicos	7
1.2 Formas de aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica	7
1.2.1 Sistemas de autoconsumo o aislados de la red.....	8
1.2.2 Sistemas de energía solar conectados a la red	9
1.2.3 Ventajas de los sistemas de energía solar conectados a la red.....	10
1.3. Balance neto, como forma de implementación de energía solar fotovoltaica conectada a la red.	2
1.3.1 Aplicación del balance neto	13
1.4. Organismos rectores en el Ecuador.....	13
1.4.1 Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER).....	13
1.4.2 Agencia de Regulación y Control de la Electricidad (ARCONEL).	13
1.4.3 Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP).	13
1.4.4 Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP).	13
1.5. Agentes participantes	13
1.5.1 Empresas generadoras.....	13
1.5.2 Empresas auto generadoras (representadas mayoritariamente por petroleras)....	14
1.5.3 Empresas distribuidoras con generación.	14
1.5.4 Consumidores	15
1.5.4.1 Clientes regulados.....	15
1.5.4.2 Clientes no regulados.....	16

1.6 Incentivos tributarios	16
1.7 Sistema de producción eléctrica del Ecuador	16
1.8 Perdidas de energía en el sistema eléctrico ecuatoriano	18
1.9 Principales generadoras de energía eléctrica del Ecuador	20
1.9.1 Energía Termoeléctrica	20
1.9.2 Energía hidroeléctrica	21
1.10 Determinación de costos	22
1.10.1 Costos directos	23
1.10.2 Costos indirectos	23
1.10.3 Costos Fijos	23
1.10.4 Costos Variables	24
1.10.5 Costos mixtos	24
CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	25
2.1 Objetivos	26
2.1.1 Objetivo General:	26
2.1.2 Objetivos específicos:	26
2.2 Modelo teórico.	26
2.3 Método de recolección de datos bibliográficos	27
2.3.1 Técnica de observación y participación.	28
2.3.2 Técnica de conversación y narración	29
2.3.3 Registro de datos en los entornos virtuales	31
2.3.4 Utilización conjunta de la técnica de recolección de datos	31
2.3 Estadística descriptiva	32
2.4 Método de recolección de datos obtenidos del caso de estudio; instalación solar fotovoltaica conectada a red en el INEPE	33
2.5 Método de cálculo del costo unitario de producción en KW/h	34
2.6 Método para el cálculo de eficiencia de producción eléctrica.	35
CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37

3.1 Producción y rendimiento diario en KW/h de la instalación solar fotovoltaica conectada a red en el INEPE	38
3.2 Costo de una instalación solar fotovoltaica conectada a red.	40
3.2.1 Costo inicial de la instalación.....	40
3.2.2 Amortización de la inversión inicial.....	40
3.2.3 Costo por mantenimiento de la instalación y reposición de piezas.	40
3.3 Costo promedio de un KW/h producido por ESF conecta a red.....	41
3.3.1 El inversor.	41
3.3.2 Los paneles solares.	42
3.3.3 Componentes eléctricos en una ISF conecta a red.	42
3.4 Alisáis de precios del KW/h hora de ESF conecta a red y la energía convencional en el área comercial, residencia e industrial.	44
3.5 Análisis de la eficiencia de los sistemas de producción eléctrica en el Ecuador.	47
CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFIA.....	58
ANEXOS.....	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de ESF conecta a red por mes y promedio de horas de producción al día.	39
Tabla 2. Costo de una instalación solar fotovoltaica conecta a red de 6,75 KW de potencia nominal.	41
Tabla 3. Costo unitario de un KW/h de ESF conectada a red.....	43
Tabla 4. Comparación de precios del KW/h de la energía convencional y la ESF conecta a red.....	44
Tabla 5. Potencia nominal por sistemas de producción eléctrica en el Ecuador.....	47
Tabla 6. Energía entregada en el Ecuador por tipo de sistema de producción en el año 2018.	49
Tabla 7. Eficiencia de los sistemas eléctricos en el Ecuador.....	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto Fotoeléctrico.	7
Figura 2. Sistema Solar Fotovoltaico Aislado de la red.....	8
Figura 3. Sistema Solar Fotovoltaico Conectado a la red	9
Figura 4. Potencia Nominal en Generación de Energía Eléctrica en el Ecuador a febrero del 2019.....	17
Figura 5. Potencia Efectiva en Generación de Energía Eléctrica en el Ecuador a febrero del 2019.....	18
Figura 6. Perdidas de Energía Eléctrica por Distribución en el Sistema Eléctrico Ecuatoriano.	19
Figura 7. Proyección de Perdidas de Energía, Periodo 2016-2022 en el Sistema Eléctrico Ecuatoriano.....	19
Figura 8. Proceso de Producción de Energía Termoeléctrica.....	21
Figura 9. Proceso de Producción de Energía Hidroeléctrica.	22
Figura 10. Interacción de Variables de la Investigación	27
Figura 11. Comparación Entre Nuevos y Viejos Sistemas de Búsqueda de Información.....	28
Figura 12. Clasificación de los Documentos en los entornos Virtuales.	29
Figura 13. Ventajas e Inconvenientes de la Observación Participante en Entornos Virtuales.	30
Figura 14. Utilización Conjunta de las Técnicas de Recolección de datos en Entornos virtuales.	31
Figura 15. Estado de Producción de una ISF conectada a Red.	33
Figura 16. Rendimiento Diario de una ISF Conectada a red en el INEPE.	34
Figura 17. Media de Horas de Producción al día en Diferentes Meses en la ISF.	39
Figura 18. Costes de una ISF Conectada a red	41
Figura 19. Tiempo de Recuperación de la Inversión en la Categoría Residencia en Años. ...	46
Figura 20. Potencia Nominal por sistema de producción eléctrica en el ecuador.	48
Figura 21. Demanda Eléctrica Ecuatoriana por Tipo de Sistemas de Producción.	49
Figura 22. Comparación Entre Potencia Nominal y Eficiencia de los Sistemas Eléctricos en el Ecuador.....	52

RESUMEN

En esta investigación se presenta una visión general de lo que es la energía solar fotovoltaica conectada a red y se analiza un caso de estudio de un sistema solar fotovoltaico implementado en el Instituto de Investigación, Educación y Promoción Popular en Quito. Se realiza un cálculo de las horas de producción solar por medias mensuales, que son resultado de los datos recolectados del caso de estudio, con esto se determinó la viabilidad económica de un proyecto solar fotovoltaico conectado a red en el área residencial, industrial y el impacto que este tipo de tecnologías causarían en caso de su masificación a nivel de la economía del Ecuador. Además, se presenta resultados de eficiencia de los diferentes sistemas convencionales de producción eléctrica que posee Ecuador y se hace una comparación con el caso de estudio expuesto en la presente tesis, todo esto utilizando datos reales de producción y demanda suministrados por la ARCONEL, esta información es valiosa para el análisis de factibilidad de una futura implementación de la energía solar fotovoltaica conectada a red a nivel de todo el país.

Palabras clave: energía solar, economía, producción eléctrica, costos, gastos, eficiencia.

ABSTRACT

This thesis presents an overview of a photovoltaic solar energy system connected to the grid and analyzes a case study of a solar photovoltaic system implemented at a Public Institute in Quito. A calculation was made with the hours of solar production per monthly averages, which are the result of the data collected from the case study. With this information we determined the impact that this type of technology would cause in case of its massification at the level of the economy of Ecuador and economic feasibility of a solar photovoltaic system connected to the grid in a residential and industrial area. In addition, results of efficiency of the different conventional electric production systems that Ecuador has are presented and a comparison is made with the case study presented in this thesis, all this using real production and demand data supplied by the ARCONEL. This information is valuable for the feasibility analysis of a future implementation of photovoltaic solar energy connected to the grid throughout the country.

Key words: solar energy, economy, electricity production, costs, expenses, efficiency.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es indiscutible que el desarrollo que ha vivido la humanidad viene de la mano del aprovechamiento de la energía, ya sea esta proveniente de una fuente no renovable o renovable. Gracias a dominar las diferentes aplicaciones que le podamos dar a la energía, nuestra especie a echo logros increíbles en muchas áreas importantes como por ejemplo en el campo de la comunicación, el transporte, la salud, alimentación, etc.(Garrido, 2009)

Como podemos percibir la energía es indispensable en nuestros días y la consumimos sin tener en cuenta las fuentes de donde provienen ni las consecuencias que nos puede traer su utilización en el futuro (Hernán & Jimenez, 2017). Creer que la todas las fuentes generadoras de energía que utilizamos en la actualidad son sostenibles en el tiempo, es algo ilógico, por lo que tenemos que analizar y buscar fuentes de energía que reemplacen a las más utilizadas y contaminantes como son el petróleo, el gas natural y el carbón (Westra, 2007), por otras más limpias, renovables y sostenibles en el tiempo.

El mundo se ha enfocado en resolver el inconveniente de la falta y diversidad de energías que consumimos (Cubillos & Estenssoro, 2011). Algunos países gracias a sus realidades zonales han logrado aprovechar las fuerzas de la naturaleza con la construcción por ejemplo de centrales hidráulicas, mareomotrices y eólicas, que son energías renovables de bajo costo y con poca afectación medioambiental (Torres, 2008). Pero este tipo de centrales cubren una ínfima parte de la demanda que absorbe la humanidad en estos momentos, además que no se pueden ubicar en todos lados, solamente en los lugares en donde cumplen una serie de requisitos que hacen posible su construcción (Sawin, 2016).

En busca de soluciones, los países más desarrollados están apostando fuertemente por un tipo de energía que se está extendiendo a nivel mundial como es la energía solar, aunque de una manera lenta, pero con una proyección exponencial en su utilización (Martínez, 2016). Países del primer mundo e industrializados están apostando muy fuerte por la utilización de energía solar, como ejemplo tenemos a los Estados Unidos que según el estudio de la organización Frontier Group, la energía solar se está expandiendo rápidamente ya que ahora tiene más de 53 gigavatios (GW) de capacidad de energía solar fotovoltaica (FV) instalada, suficiente para alimentar a 10,1 millones de hogares y aumentando en 26 veces la capacidad instalada de fines de 2010. (Sánchez, 2018)

Mientras que Alemania el pasado 1 de mayo del 2018, durante unas horas, las centrales eléctricas que utilizan recursos renovables en su mayoría energía solar, produjeron más

energía de la que consumían los habitantes de este país, primera potencia económica de Europa. (Elcacho, 2018)

China por su parte en su primer trimestre del año 2018 ha instalado una capacidad que cubren a sus 10 centrales nucleares y espera llegar a los 47 gigavatios de energía solar en todo el 2018 (Mohorte, 2018).

En América Latina existe un avance moderado en la implementación solar, cuatro países tiran del carro de las instalaciones solares. Chile liderando con la implementación de huertos solares que en momentos del día cubren una gran parte de la demanda. De igual manera Brasil, México y Argentina apuestan por cubrir parte de su demanda con energía solar fotovoltaica.

En Ecuador, aunque al principio del año 2012 se intentó incentivar la implementación solar con la REGULACIÓN No CONELEC-004/11, esta se quedó en la implementación de cerca de unos 26 megavatios y el parón ha sido en seco. En estos momentos existen pocas acciones que apuesten de manera clara y contundente por la energía solar fotovoltaica.

Como podemos ver los países más desarrollados se están direccionando en el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica, básicamente la conecta a red, mientras que el Ecuador no está apostando de manera fuerte ni clara, en la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica, ya sean estos aislados o conectados a red.

En el presente trabajo daremos a conocer lo que es la energía solar conectada a red y el impacto que tendría su implementación, no solo a nivel medioambiental, sino también en la economía de los hogares la industria y el Ecuador en su conjunto.

CAPITULO I. MARCO TEORICO

A nivel mundial el sector de la energía solar fotovoltaica en los últimos años ha tenido un crecimiento exponencial en el tema económico, técnico y operativo. Al ser una tecnología amigable con el medio ambiente, ha venido convirtiéndose en una opción viable para sustituir al consumo de energías provenientes de combustibles fósiles, para así intentar paliar de alguna manera los efectos del cambio climático que sufre nuestro planeta en estos momentos.

Hace unos 10 años el costo de implementar un sistema solar fotovoltaico era muy alto, además de obtener unos rendimientos demasiado bajos para ser una energía competitiva en el mercado. Este enfoque en los últimos años ha cambiado radicalmente ya que la tecnología se ha ido superando en tema de rendimiento y costos de producción, evidenciando una disminución considerable en estos últimos años y colocando a la energía solar fotovoltaica en un punto de competitividad aceptable frente a otros tipos de obtención de energía.

Otro aspecto importante que destacar, es que la energía solar fotovoltaica que al aprovechar la radiación electromagnética proveniente del sol y transformarla directamente en energía eléctrica se la puede consumir en el sitio de producción, disminuyendo sustancialmente las pérdidas por transporte, transformación y distribución que genera la energía convencional. (ARCONEL, 2018b)

1.1 Energía solar

1.1.1 Que es la energía solar.

La energía solar es aquella que proviene de la radiación electromagnética emitida por el sol, la cual mediante dispositivos electrónicos se puede transformar en energía eléctrica o energía térmica. (Méndez & León, 2013)

Los equipos encargados de transformar la radiación electromagnética proveniente del sol en una energía lista para su aprovechamiento son de dos tipos generalmente, los colectores solares y los módulos o paneles fotovoltaicos.

1.1.2 Colector solar.

Es el que transforma la energía solar en energía térmica aprovechando el efecto invernadero producido en una cápsula rectangular compuesta por un vidrio translucido en su parte superior y un fondo regularmente oscuro. Mediante un sistema de transferencia de calor, se hace pasar un líquido por el radiador que está encapsulado dentro del colector, calentándose y luego extrayéndolo para su consumo.

Existen varios tipos de colectores en el mercado actualmente, aunque uno de los más utilizados es el que se describió anteriormente.

1.1.3 Módulos fotovoltaicos

Es aquel equipo que se encarga de transformar la radiación solar en energía eléctrica aprovechando el efecto fotoeléctrico. Al incidir los rayos del sol en ciertos materiales como por ejemplo el silicio, este desprende o cede electrones los cuales al ser transportados por un conductor eléctrico derivan en una corriente eléctrica. Hay que aclarar que el silicio por sí solo no produce un flujo eléctrico al ser expuesto al sol, ya que necesita doparlo de ciertos materiales que tienen exceso de electrones como por ejemplo los metales y otros materiales que tienen falta de electrones o poseen huecos libres (Méndez & León, 2013)

La palabra fotovoltaico proviene de los fotones que transporta el haz de luz que llega a la tierra y los percibimos como rayos solares. Estos fotones al impactar en ciertos materiales metálicos con una frecuencia adecuada (ya que la luz es una radiación electromagnética), liberan electrones, llamándolo a este fenómeno, efecto fotoeléctrico. (Rodríguez & Cervantes, 2006) El fenómeno fotoeléctrico es el culpable que en la actualidad estemos utilizando energía solar fotovoltaica.

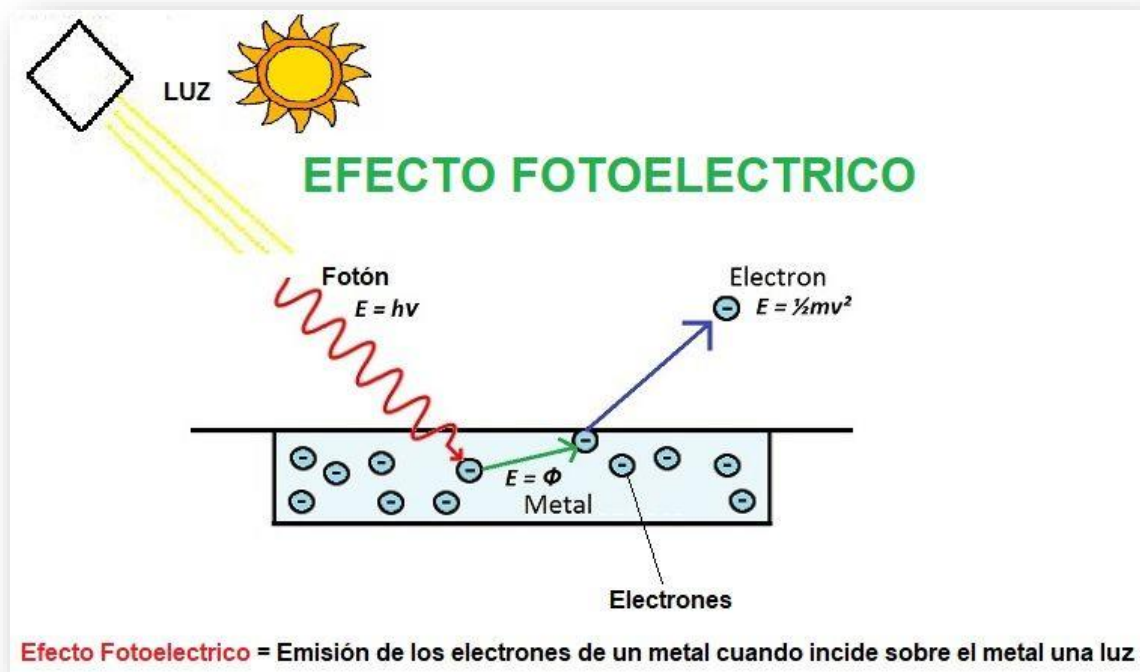


Figura 1. Efecto Fotoeléctrico.

Fuente: (Rodríguez & Cervantes, 2006)

Elaborado por: Tecnología (<https://www.areatecnologia.com/electricidad/efecto-fotoelectrico.html>)

1.2 Formas de aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica

En un principio la energía solar fotovoltaica se la utilizaba en lugares en donde la red eléctrica no podía llegar o los costos de que llegue eran demasiado altos, estos sistemas primarios se los denominó autónomos o aislados de la red, con el tiempo y avance de la tecnología se creó

un sistema que trabaja en sincronización con la red convencional y lo llamaron sistemas solares con conexión a red.

1.2.1 Sistemas de autoconsumo o aislados de la red

Este tipo de sistemas son aquellos que constan de las siguientes partes principales:

- Paneles solares
- Regulador de carga
- Baterías
- Inversor Dc-Ac
- Cuadro de protección

La característica principal de estos sistemas es que la energía producida por los paneles solares es almacena en baterías para ser consumida en momentos que no existe la presencia de irradiación solar. Estas instalaciones generalmente se encuentran en lugares remotos en donde la red eléctrica convencional no llega.

Una de las desventajas de este sistema es que los costos en equipos son elevados, ya que las baterías son costosas y tienen un tiempo de vida útil reducido. La configuración de este tipo de sistemas se muestra en la siguiente imagen:

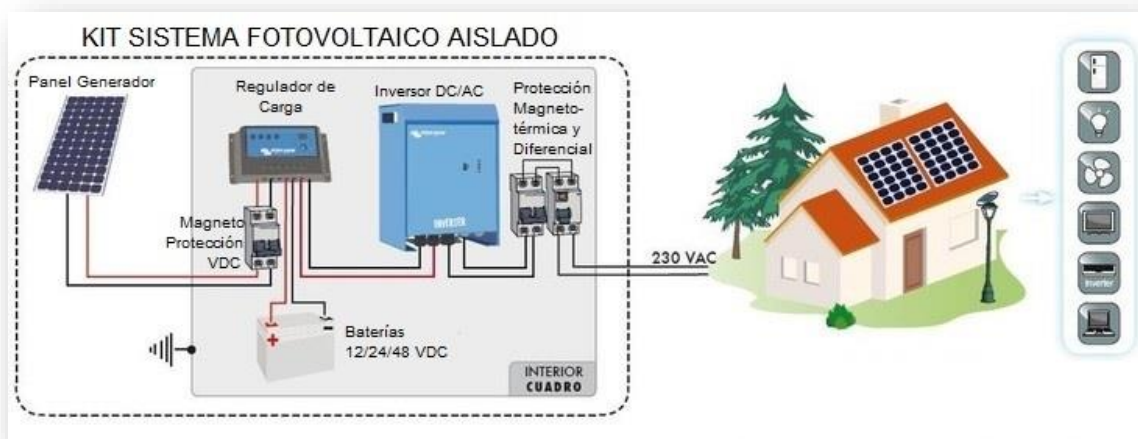


Figura 2. Sistema Solar Fotovoltaico Aislado de la red

Fuente: (Ingemecánica, 2013)

Elaborado por: (Ingemecánica, 2013)

1.2.2 Sistemas de energía solar conectados a la red

Este tipo de sistemas se caracterizan por trabajar en sintonía con la red eléctrica convencional, literalmente se conectan los cables del sistema solar fotovoltaico que salen del inversor a los cables de la red eléctrica. Los componentes más importantes de este tipo de sistemas son:

- Paneles solares
- Inversor DC/AC
- Cuadro de protección y cableado

El inversor es el cerebro de todo el sistema, este se encarga de escanear las características de la red y ajustar el sistema solar a esas características, para que pueda trabajar en armonía la instalación solar fotovoltaica y la red eléctrica convencional.

Con este tipo de sistemas se eliminan las baterías y la energía producida se la consume directamente en el sitio de producción, ahorrando a la red las pérdidas por transporte, transformación y distribución. En la siguiente imagen se detalla un sistema de energía solar fotovoltaico conectado a red:



Figura 3. Sistema Solar Fotovoltaico Conectado a la red

Fuente: (ECOLÓGICA, 2019)

Elaborado por: (ECOLÓGICA, 2019)

1.2.3 Ventajas de los sistemas de energía solar conectados a la red

La energía convencional que utilizamos actualmente en el Ecuador se basa en la producción centralizada con generadoras de grandes potencias y en la mayoría de los casos alejadas de los puntos de consumo, esto produce que existan pérdidas por transporte y grandes inversiones en subestaciones de transformación y redes de distribución.

La energía solar fotovoltaica al ser de tipo distribuido, ósea que se puede instalar en muchos puntos a la vez y en el mismo lugar de consumo, pueden instalarse en tiempos menores que una gran central de producción eléctrica, también puede laminar los picos de demanda que son ocasionados generalmente en las horas de mayor producción solar a lo largo del día. Además, este tipo de instalaciones pueden utilizarse en los puntos más alejados de la producción convencional evitando pérdidas de transporte y aliviar la saturación de las líneas de en alta y media tensión, y también se pueden utilizar para el control voluntario de la producción de energía reactiva.(Abella, 2015)

Legislaciones en países desarrollados como el español hacen referencia a las ventajas que tiene un sistema distribuido por ejemplo en el real decreto 900/2015 del 9 de octubre del 2015 del Reino de España, nos dice lo siguiente:

“En los últimos años la aparición de nuevos conceptos, desarrollos y sistemas de generación y control van a permitir la evolución gradual de este modelo hacia otro donde la generación de electricidad distribuida, generalmente de pequeña potencia, comience a integrarse de una manera eficaz en la red como un elemento de eficiencia, de producción y de gestión, y no tan sólo como una simple conexión para la entrega de la energía eléctrica producida.” (Energía, 2015)

“La generación distribuida presenta beneficios para el sistema, fundamentalmente en lo relativo a reducción de pérdidas de la red en los supuestos en los que las instalaciones de generación se encuentren cerca de los puntos de consumo y reduzcan los flujos de energía por la red, suponiendo además una minimización del impacto de las instalaciones eléctricas en su entorno.”(Energía, 2015)

Las ventajas más generales de una instalación solar conectada a red se citan a continuación:

- Renovable, proveniente del astro rey, el sol.
- Inagotable, se la puede transformar directamente de la irradiación solar.

- No contaminante, la tecnología de producción es cada vez más eficiente.
- Evita el calentamiento global, se reduce la necesidad de centrales alimentadas con combustibles fósiles.
- Reduce el uso de combustibles fósiles, en el Ecuador cada vez se genera menos energía por centrales termoeléctricas que funcionan con motores de combustión interna.
- Reduce las importaciones de combustibles procesados para las generadoras termoeléctricas a base de Diésel.
- Genera riqueza y empleo local.
- Contribuye al desarrollo sostenible.
- Es modular y muy versátil, adaptable a diferentes situaciones.
- Permite aplicaciones para generación eléctrica a gran escala y también para pequeños núcleos aislados de la red.

1.3. Balance neto, como forma de implementación de energía solar fotovoltaica conectada a la red.

Dentro de la forma de producción fotovoltaica conectada a la red tenemos el autoconsumo, que tiene como base fundamental el producir la mínima cantidad de energía que se consume en un lugar determinado, por ejemplo, si en una residencia lo que está encendido siempre es la refrigeradora, podemos colocar un sistema que abastezca a la mencionada refrigeradora y no tomar energía de la red, simplemente se estaría produciendo lo que se consume en ese momento, a esto se le llama auto consumo.

Siguiendo con el ejemplo anterior si tenemos un sistema que genera más de lo que se consume en un momento determinado, este excedente se vierte a la red y será consumido por usuario más cercado al punto de producción. Para apoyar esta forma de producción y para que el usuario se incentive a producir su propia energía, muchos países están permitiendo y en muchos casos incentivando a que utilicen la red eléctrica convencional como respaldo de los excedentes producidos. Por ejemplo, si dispongo de un sistema solar que en ciertos momentos produce más de lo que se consume, este excedente se vierte a la red y es registrado por un medidor bidireccional para que luego la empresa eléctrica comercializadora le reste lo que se ha vertido a la red de su planilla mensual, a este método de cooperación entre la parte de comercialización y consumo se lo conoce como balance neto. Para que se entienda mejor por ejemplo si en una residencia se vierte a la red 50 KW/h de energía eléctrica en un mes y en ese mismo mes ha existido un consumo de la red de 60 KW/h, con el balance neto el consumidor solo tendría que pagar los 10 KW/h que restan a favor de la empresa comercializadora de energía después de aplicar el balance neto.

1.3.1 Aplicación del balance neto

Muchos países a nivel mundial están adaptando en sus regulaciones el balance neto, como parte de la conservación del medio ambiente y para fortalecer sus sistemas eléctricos. El balance neto en estos últimos años se ha visto favorecido por el desplome drástico de los precios de producción de paneles solares a nivel mundial, la tecnología avanza en temas de eficiencia y los métodos de producción son más eficaces y eficientes que están haciendo que la energía solar fotovoltaica se encuentre por debajo de los costos de producción de la energía solar convencional en muchos de los casos. (Factor, 2017)

1.4. Organismos rectores en el Ecuador

1.4.1 Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER).

Entidad responsable de satisfacer las necesidades de energía eléctrica del país, mediante la formulación de la normativa pertinente, planes de desarrollo y políticas sectoriales para el aprovechamiento eficiente de sus recursos.

1.4.2 Agencia de Regulación y Control de la Electricidad (ARCONEL).

Organismo adscrito al MEER, encargado del ejercicio de la potestad estatal de regular y controlar las actividades relacionadas con el servicio público de energía eléctrica y el servicio de alumbrado público general, precautelando los intereses del consumidor o usuario final.

1.4.3 Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP).

Empresa pública, dependiente del MEER, que nace en 2009 tras la estatalización y unificación de diversas empresas del sector. Su objetivo es la generación, transmisión y distribución de electricidad.

1.4.4 Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP).

Constituida en 2008, con el fin de prestar los servicios públicos de distribución y comercialización de energía eléctrica. (Nieto, 2017)

1.5. Agentes participantes

1.5.1 Empresas generadoras.

Son aquellas que cuentan con un título habilitante o permiso para la explotación económica de una o varias centrales de generación eléctrica y que entregan su producción en uno o varios puntos en el Sistema Nacional de Transmisión (SNT), en un sistema aislado o en una red de distribución.

- 16 empresas (una de carácter mixto, seis privadas y nueve públicas)
- 29 centrales hidroeléctricas
- Potencia nominal de 4.156,76 MW
- energía generada de 14.565,07 GW/h (en torno al 68% del total generado por estas empresas)

Resaltar, la clara importancia de las empresas públicas frente a las privadas, controlando las primeras más del 98% de la potencia nominal total de las centrales hidroeléctricas dirigidas por empresas generadoras. A destacar, CELEC-Coca Codo Sinclair y CELEC-Hidrópaute, controlando entre ambas empresas casi el 80% del total de la potencia nominal.

1.5.2 Empresas auto generadoras (representadas mayoritariamente por petroleras).

Son aquellas dedicadas a una actividad productiva o comercial, cuya generación eléctrica se destina al abastecimiento de su demanda, pudiendo eventualmente, producir excedentes de generación que pueden ser puestos a disposición de la demanda.

- 10 empresas privadas y 3 empresas públicas
- 13 centrales hidroeléctricas
- Potencia nominal de 148,47 MW
- Energía generada de 730,38 GW/h (casi un 16% del total de energía producida por las empresas auto generadoras).

La mayor parte de la energía generada por las empresas auto generadoras proviene de fuente térmica. De entre las hidroeléctricas, hay que destacar las empresas Hidro-sanbartolo (privada) y EPMAPS (pública).

1.5.3 Empresas distribuidoras con generación.

Aquellas portadoras de un título habilitante o que por mandato expreso de la ley asumen la obligación de prestar el servicio público de energía eléctrica a los clientes finales, dentro de su área de prestación de servicio. Sin embargo, varias de las distribuidoras también operan y administran centrales de generación.(Nieto, 2017)

- 6 empresas, todas ellas de carácter público
- 19 centrales hidroeléctricas

- Potencia nominal de 142,05 MW
- Energía generada de 538,39 GW/h (representando el 60,01% de la producción total de energía por parte de las empresas distribuidoras)

Las seis empresas distribuidoras son: E.E. Quito, E.E. Riobamba, E.E. Cotopaxi, E.E. Norte, E.E. Sur, y E.E. Ambato.

1.5.4 Consumidores

En el Ecuador tenemos dos grupos de clientes finales, los clientes regulados y los no regulados.

Como lo vimos anteriormente la ARCONEL al ser un agente regulador establece los tipos de tarifas que las empresas productoras aplicaran a los clientes regulados y además se aplicaran peajes de energía y potencia para aquellos clientes que no están regulados.

Como dato estadístico tenemos que el año 2016 existieron 4.924.966,00 clientes de los cuales 4.924.852,00 corresponden a clientes regulados y 114 a clientes no regulados. (ARCONEL, 2017)

1.5.4.1 Clientes regulados

Persona natural o jurídica que mantiene un contrato de suministro con la empresa eléctrica de distribución y que se beneficia con la prestación del servicio público de energía eléctrica.

1.5.4.1.1 Clientes domésticos

Este tipo de cliente corresponde a un consumidor que destina la energía eléctrica exclusivamente a uso doméstico, esto quiere decir que se utilizara la energía en todo aquello que necesite una familia modelo ecuatoriana.(ARCONEL, 2018a)

1.5.4.1.2 Clientes comerciales

Persona natural o jurídica, pública o privada, que utiliza la energía eléctrica para fines de negocio, actividades profesionales o cualquier otra actividad con fines comercial de lucro.

1.5.4.1.3 Clientes industriales

Persona natural o jurídica, pública o privada, que utiliza la energía eléctrica para la elaboración o transformación de productos. También se considera dentro de esta definición a los

agroindustriales, que transformen productos de la agricultura, ganadería, riqueza forestal y pesca.

El alumbrado público

El alumbrado público hace referencia a la iluminación de la parte pública del país, como son los parques, las calles urbanas, las vías del país, etc.

1.5.4.2 Clientes no regulados

Es aquel cliente final que goza de ciertas condiciones diferentes de un consumidor final normal, ya que consume cantidades altas de energía y para acordar su facturación se realiza una negociación entre la empresa suministradora y el cliente. (ARCONEL, 2010)

1.6 Incentivos tributarios

La Ley de Régimen del Sector Eléctrico, en su artículo 67 incluye ciertas ventajas arancelarias, así como exoneraciones del Impuesto a la Renta, para incentivar la producción energética basada en energía renovable. (CNE, 1996)

Por otro lado, el Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (COPCI), contempla una serie de incentivos de carácter fiscal para las nuevas inversiones en los sectores priorizados por el gobierno y cuya finalidad es cambiar la matriz productiva y emprender un proceso progresivo de sustitución de importaciones. Medidas sobre el impuesto sobre la renta (reducciones, modificación base cálculo, deducciones, etc.), exoneración del pago del impuesto de salida de divisas en algunos casos, reconocimiento de arbitraje internacional, imposibilidad de realizarse confiscaciones y nacionalizaciones. (COPCI, 2015; Nieto, 2017)

1.7 Sistema de producción eléctrica del Ecuador.

En los últimos años el Ecuador realizó una gran inversión en sistemas de producción eléctrica a nivel nacional, teniendo como base la implementación hidroeléctrica con proyectos emblemáticos como Coca codo Sinclair y demás proyectos que se interconectan a las líneas de alta tensión que también construyó para por llegar y transmitir toda la energía producida a todos los puntos del País.

Esta política de estado se realizó con tres fines específicos que se enumeran a continuación:

- Evitar la falta de electricidad al sistema nacional provocado por las épocas de sequía en los sitios de producción eléctrica.

- Disminuir el porcentaje de electricidad que se compraba a los países cercanos como Colombia y Perú.
- Prepararse para el cambio de la matriz productiva con la implementación de cocinas de inducción para las familias ecuatorianas, abastecer los proyectos mineros que se están ejecutando actualmente, tener una base eléctrica para el cambio de un país exportador de bienes primarios a un país productor de bienes con valor agregado mediante procesos automatizados que requieren una gran potencia eléctrica para su funcionamiento (MEER, 2017).

1. Potencia Nominal en Generación de Energía Eléctrica		MW	%
Energía Renovable	Hidráulica	5.073,66	58,54%
	Eólica	21,15	0,24%
	Fotovoltaica	27,63	0,32%
	Biomasa	144,30	1,66%
	Biogas	7,26	0,08%
Total Energía Renovable		5.274,00	60,85%
No Renovable	Térmica MCI	2.010,02	23,19%
	Térmica Turbogas	921,85	10,64%
	Térmica Turbovapor	461,87	5,33%
Total Energía No Renovable		3.393,73	39,15%
Total Potencia Nominal		8.667,74	100,00%

Figura 4. Potencia Nominal en Generación de Energía Eléctrica en el Ecuador a febrero del 2019
Fuente: ARCONEL
Elaborado por: ARCONEL

2. Potencia Efectiva en Generación de Energía Eléctrica		MW	%
Energía Renovable	Hidráulica	5.043,19	62,62%
	Eólica	21,15	0,26%
	Fotovoltaica	26,74	0,33%
	Biomasa	136,40	1,69%
	Biogas	6,50	0,08%
Total Energía Renovable		5.233,98	64,99%
No Renovable	Térmica MCI	1.612,60	20,02%
	Térmica Turbogas	775,55	9,63%
	Térmica Turbovapor	431,74	5,36%
Total Energía No Renovable		2.819,89	35,01%
Total Potencia Efectiva		8.053,87	100,00%

Figura 5. Potencia Efectiva en Generación de Energía Eléctrica en el Ecuador a febrero del 2019
Fuente: ARCONEL
Elaborado por: ARCONEL

Con referencia a lo anteriormente mencionado, las fuentes principales de producción de energía en el Ecuador está basada en las tecnologías que se muestran en la figura 4 y la figura 5, distinguiéndose dos tipos de potencia, la nominal que se la entiende como la potencia teórica o la potencia que puede ofrecer una maquina sin tener en cuenta las pérdidas y la potencia efectiva que se la entiende como la potencia real que ofrece una maquina descontando las pérdidas por los distintos efectos físicos a la que está expuesta.

Como potencia de mayor capacidad se destacan la producción de energía hidroeléctrica con un 62,62% de potencia efectiva instalada y la que se encuentra en segundo puesto es la energía térmica MCI con un 20,2% de potencia efectiva instalada. Como podemos observar estas dos categorías de producción de energía eléctrica suman el 82,82% de potencia efectiva instalada en el Ecuador con datos del 2019.

1.8 Pérdidas de energía en el sistema eléctrico ecuatoriano.

Cuando existe generación eléctrica centralizada como es el caso del Ecuador, la energía producida por grandes centrales debe pasar por un proceso de transformación en el lugar mismo en donde se produce, elevando su voltaje para que exista menos pérdidas en el transporte, estos voltajes suelen alcanzar los 500000 voltios como en el sistema nacional interconectado (SIN) del Ecuador, a más distancia esté el sitio de consumo mayor será las pérdidas. Una vez transportada la energía en alta tensión esta deberá ser nuevamente transformada a una tensión media en las subestaciones de transformación que se encuentran cerca del lugar de consumo, generalmente en los alrededores de las ciudades más grandes

del país, existe una tercera etapa de transformación de media tensión a baja tensión que es la de consumo de los hogares ecuatorianos.

Toda esta etapa de transformación y transporte producen pérdidas de energía que, en el año 2018, según los datos de ARCONEL fue de un valor porcentual de pérdidas de energía de 11,52%, que equivale a unos de 21.049,02 GW/h, como se muestra en la siguiente imagen:

Pérdidas en Distribución	Técnicas	1.746,53	7,29%	
	No Técnicas		1.013,43	4,23%
Total Pérdidas de Energía en Distribución			2.759,95	11,52%

Figura 6. Pérdidas de Energía Eléctrica por Distribución en el Sistema Eléctrico Ecuatoriano.

Fuente: ARCONEL

Elaborado por: ARCONEL

A si mismo Ecuador tiene una proyección de estas pérdidas estableciéndose como objetivo para el año 2025 poder llegar a un porcentaje de 8,79 % de pérdidas a nivel nacional. La proyección estimada por años para cumplir el objetivo planteado anteriormente se describe gráficamente a continuación.

Empresa	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
CNEL EP	15,23%	13,20%	12,84%	12,41%	11,93%	11,46%	11,03%	10,69%	10,41%	10,24%
Nacional	12,21%	10,72%	10,49%	10,02%	9,90%	9,59%	9,31%	9,09%	8,91%	8,79%

Figura 7. Proyección de Pérdidas de Energía, Periodo 2016-2022 en el Sistema Eléctrico Ecuatoriano.

Fuente: MEER

Elaborado por: MEER

En diciembre del 2017 el ministerio de electricidad y energías renovables manifestó que la capacidad de producción de electricidad en el Ecuador se situó en 7.146 megavatios nominales, mientras que la demanda en este mismo periodo fue de 3.692,2 MW. Por lo que un 48% de la potencia disponible (3 453,8 MW) no se está aprovechando a pesar de contar con la capacidad de producción necesaria.(Pacheco, 2017)

A sí mismo en el año 2019 el diario El comercio público un artículo en donde hace referencia a la oferta y demanda que existió en el año 2018 y se refiere de la siguiente manera: “Tras la incorporación de estas plantas (hidroeléctricas Toachi-Pilatón, Mazar-Dudas y Quijos la capacidad total para producir energía ascendió a 7.018 megavatios MW de potencia nominal.

Aunque la demanda máxima de este recurso fue, en el año 2018 de 3.933,4 MW, según información del Viceministerio de Electricidad.” Con este dato podemos argumentar que estamos aprovechado un 56% de capacidad instalada de energía eléctrica en el Ecuador el Ecuador con datos del año 2018.

1.9 Principales generadoras de energía eléctrica del Ecuador

Como pudimos observar en la figura 5 la energía hidráulica es la que sobresale con una potencia efectiva de 5.043,19MW que están ingresando al sistema nacional de interconexión del Ecuador. En un Segundo lugar le sigue la producción Termoeléctrica con base en el consumo de combustibles fósiles con una potencia de 1.612,6 MW que ingresan al SIN de potencia Termoeléctrica instalada.

Dado que los dos sistemas de producción anteriormente mencionados son los que sobresalen con un amplio margen respecto a las demás tecnologías de producción se ha visto conveniente hacer hincapié en estos dos tipos de sistemas de producción eléctrica.

1.9.1 Energía Termoeléctrica

La energía termoeléctrica tiene como base la utilización de materia prima combustibles fósiles como petróleo, carbón o gas. Al quemar estos combustibles se produce calor suficiente para hacer evaporar el agua, este vapor se lo canaliza para que active una turbina y esta a un generador eléctrico quien se encarga de la producción de energía eléctrica. (Gomes, 2012)

En la siguiente imagen se muestra de forma gráfica los pasos necesarios para producir energía termoeléctrica.



Figura 8. Proceso de Producción de Energía Termoeléctrica.
 Fuente: (Gomes, 2012)
 Elaborado por: GOMEZ QUIÑONES, 2012)

Este tipo de energía tiene varios inconvenientes a futuro en todo el mundo, ya que los combustibles fósiles se van agotando y extraerlos cada vez es más costoso. Por otro lado, a nivel ambiental tienen afectación bastante importante al medio ambiente por la producción de CO₂, uno de los gases de efecto invernadero más perjudiciales para nuestro planeta. Según estudios realizados se ha determinado que existe 1 trillón de toneladas de CO₂ liberadas al espacio y la mayor parte de este gas ha sido liberado en los últimos años (Muñoz, Rojas, & Barreto, 2018).

1.9.2 Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica es aquella que aprovecha la fuerza del agua, ayudándose de los elementos físicos como es la gravedad, se aprovechan las caídas de agua que contiene energía potencial o la corriente de agua que contienen la energía cinética para hacer girar turbinas y ancladas a estas, generadores eléctricos que producen energía eléctrica.

En el Ecuador la mayor cantidad de energía que se utiliza proviene de una fuente de energía hidráulica, ya que debido a su situación geográfica posee diversos ríos y caídas de agua que hacen que el aprovechamiento de la energía hidráulica sea posible.

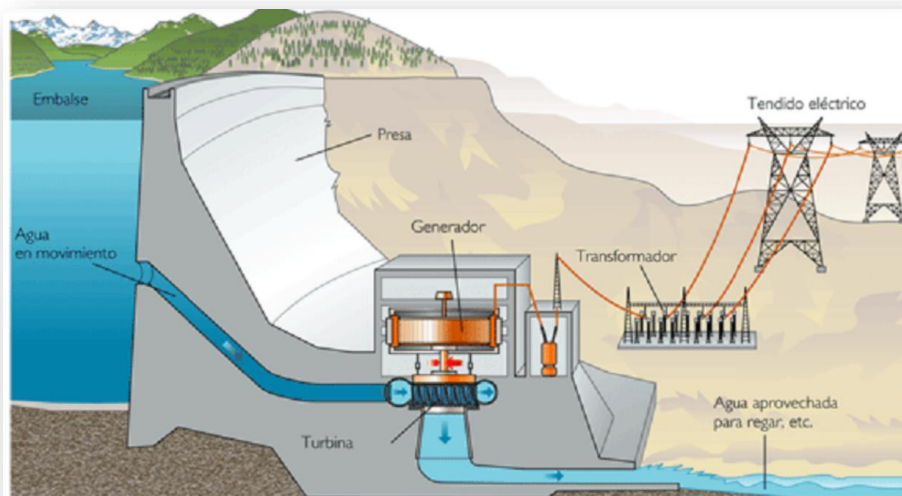


Figura 9. Proceso de Producción de Energía Hidroeléctrica.
Fuente: (VERDES, 2017)
Elaborado por: (VERDES, 2017)

1.10 Determinación de costos

Los costos son una de las partes más importantes a la hora de emprender un proyecto de inversión, tenemos que tener en cuenta todos los elementos que van a interactuar a la hora de arriesgar nuestro capital, teniendo un mayor énfasis en el monto de inversión, el riesgo que conlleva dicha inversión, el tiempo de recuperación y los beneficios esperados por la realización del proyecto.

Los costos se los entiende como cualquier gasto o inversión necesaria que se tiene que realizar para poder producir nuestro bien o servicio, prepararlo para la comercialización, operar eficientemente nuestro negocio y ofrecer un servicio de posventa de calidad.

En el campo de la energía solar fotovoltaica conectada a red es muy importante saber los costos iniciales de inversión y el tiempo de recuperación del capital invertido, tomando en cuenta todas las variables que se puedan presentar en los años de amortización de la instalación. En bibliografía existen un sinnúmero de metodologías para encontrar todas las variables que afectan a un proyecto de inversión con respecto a los costos, pero todas coinciden en que existen unos costos directos y unos costos indirectos.

En los apartados siguientes hablaremos de cada uno de los costos que será necesario tener presente a la hora de realizar una inversión en un proyecto de ESF conectada a red.

1.10.1 Costos directos

Los costos directos son aquellos que intervienen en proceso de producción de un producto o servicio. En la Industria de las energías renovables y puntualmente la energía solar fotovoltaica, la mayoría de los costos que intervienen son directos y los podemos encontrar en la proforma de instalación del caso de estudio del INEPE anexada en el literal A de la presencia investigación.

Como ejemplo de costos directos podemos citar los siguientes:

- Paneles solares.
- Inversores
- Cableado de cobre.
- Estructura de soporte de los paneles solares.
- Cuadros de protección.
- Sistemas de monitorización
- Trabajos de adecuación y construcción.
- Servicios auxiliares
- Terreno y mejoras del terreno
- Costos de puesta en marcha

1.10.2 Costos indirectos

El autor Henry Marcelo Vallejo Orbe en una publicación del año 2017 nos dice que los costos indirectos son aquellos que no intervienen directamente en la parte de producción en un proyecto, pero que igualmente son necesarios para la ejecución de este.

- Ingeniería y supervisión
- Gastos de construcción
- Honorarios del contratista
- Contingencias

Por otra parte, dependiendo de la variabilidad de los productos nos indica que los costos se pueden clasificaren costos fijos, costos variables y costos mixtos.

1.10.3 Costos Fijos

Son aquellos costos que se tienen que pagar mensualmente sin depender de la cantidad de producción que tengas, o el número de servicios que prestes.

Entre los costos fijos más comunes tenemos:

- Arriendo de oficinas o locales
- Dividendo de oficinas o locales

- Sueldos
- Cuentas Básicas
- Telefonía e Internet
- Gastos de Oficina
- Gastos de administración y ventas
- Pago de obligaciones financieras
- Pago de Seguros
- Publicidad

1.10.4 Costos Variables

Son aquellos costos que intervienen directamente en la cantidad de productos o servicios que se prestan, a más volumen de producción mayores serán los costos variables que se tendrán que pagar.

Como ejemplo más común de costos variables en una instalación de energía solar conecta a red tenemos:

- Kit de fijaciones de paneles al perfil
- Bases de acero galvanizado
- Tubos de poliuretano tapa junta
- Conectores solares
- Cable calibre 12
- Cable calibre 10
- Inversor solar de conexión a red
- Cuadro metálico para alojar los elementos de protección
- Protecciones en corriente continua
- Protecciones en corriente alterna
- Mano de obra
- Pequeño Material
- Desplazamiento
- Desgaste de herramienta
- Varillas de cobre de toma a tierra

1.10.5 Costos mixtos

Los costos mixtos son aquellos que tienen un componente fijo y un componente variable. Por ejemplo, son los que tienen una cantidad de costo fija mensual, pero si te pasas de esa cantidad, tu costo se aumenta en forma proporcional a tu producción.

Un costo mixto se puede tener en mano de obra cuando pagas una cantidad fija a un trabajador y si se pasa un estándar de producción se le tiene que abonar por la producción extra llevada a cabo.

CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General:

Estudiar la energía solar fotovoltaica conectada a red y su impacto de implementación en las familias, la industria y la economía ecuatoriana.

2.1.2 Objetivos específicos:

- Estudiar el funcionamiento de la energía solar fotovoltaica conecta a red.
- Analizar el impacto de la implementación de la energía solar fotovoltaica conectada a red en las familias, la industria y la economía ecuatoriana.
- Comparar el rendimiento de la energía solar fotovoltaica conecta a red frente a la energía convencional en el Ecuador.

2.2 Modelo teórico.

El desarrollo de la presente investigación se llevó a cabo mediante la aplicación de los pasos siguientes:

- Se obtuvieron los datos de rendimiento en KW/h de la instalación solar fotovoltaica conectada a red del INEPE.
- Con los datos anteriores se calculó la producción media diaria (kW/h) y dividió esta para la potencia nominal de la instalación (KW), obteniendo las horas medias de producción a máximo rendimiento por día de la ISF conectada a red en el INEPE.
- Se calculó el costo total en dólares de una instalación solar conectada a red tomando como base los costos de equipos y material de la ISF conectada a red instalada en el INEPE, además de tomar en cuenta el costo de manteamiento y el precio del capital de inversión.
- Con los datos de producción y el costo total de la ISF conectada a red instalada en el INEPE se obtuvo el costo unitario del KW/h producido por la energía solar fotovoltaica conectada a red.

- El precio del costo unitario de la ESF conectada a red se la comparó con los precios del KW/h de la energía convencional en su diferentes categorías y rangos, además se calcularon los años en los que la inversión es recuperada.
- Se encontró la eficiencia de trabajo de los actuales sistemas de producción eléctrica ecuatoriana y se realizó una comparación de eficiencias entre los sistemas más utilizados y la energía solar fotovoltaica conecta a red.



Figura 10. Interacción de Variables de la Investigación
 Fuente: El Proponente
 Elaborado por: El proponente

2.3 Método de recolección de datos bibliográficos

Nos encontramos en un tiempo en el cual el mundo es digital y nuestras sociedades han evolucionado de tal manera que se accede y recolecta la información de una manera sencilla. Si analizamos la parte de la información que existe hoy en día nos podemos dar cuenta que

todas las bibliotecas y universidades a nivel mundial están conectadas a la red digital mundial como es el internet.

Existen otros tipos de ayuda que se las puede utilizar además de las ya conocidas de forma general como las bibliotecas, los textos en papel, etc. Estas ayudas pueden ser las conferencias en video, la imágenes digitales, los textos digitales, los foros digitales de discusión, simulaciones, etc (Orellana & Sánchez, 2006).

A continuación, se muestra la figura 11 en donde se diferencia la forma de recolectar información de una manera clásica y de una manera moderna utilizando los Tics.

COMPARACIÓN ENTRE NUEVOS Y VIEJOS SISTEMAS DE BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN			
Cultura anterior de librerías		Cultura del hipervínculo	
Clasificación	Estable	Diversificación	Flexible
	Organizado Jerárquicamente		De un solo nivel
	Definido por intereses concretos		Permite todas las asociaciones posibles
Selección meticulosa	Calidad de las ediciones	Acceso a todo	Inclusión entre ediciones
	Autenticidad de los textos		Disponibilidad de textos
	Eliminación de material antiguo		Todo se guarda
Colecciones permanentes	Preservación de los textos determinados	Colecciones dinámicas	Evolución intertextual
	Observación según intereses concretos		Navegación lúdica

Figura 11. Comparación Entre Nuevos y Viejos Sistemas de Búsqueda de Información.
 Fuente: (Orellana & Sánchez, 2006)
 Elaborado por: El Proponente

Por lo antes mencionado, la metodología para la recolección de información bibliográfica y datos de investigación se realizará en su mayoría a través de las TIC (tecnologías de la información y comunicación) utilizando las técnicas tres técnicas básicas y relacionándolas entre sí.

2.3.1 Técnica de observación y participación.

Esta técnica tiene como fundamento en observar la situación social en la que se va a aplicar la investigación, teniendo en cuenta que la observación se debe llevar a cabo de manera entera, directa y en el tiempo exacto en que se lleve a cabo el evento investigado. La participación en el evento propuesto por el investigador dará mayor fiabilidad a tomar lo datos

requeridos para el propósito que se lleve a cabo y así diseñar una presentación más acertada de los hechos y datos obtenidos.

Como ejemplo de observación y participación en los TIC podemos nombrar todos aquellos espacios los cuales nos permite internet (chats, foros de discusión, redes sociales, etc.), así también podemos aplicar simulaciones de aplicaciones que recrean de la manera más real posible la realidad de nuestra investigación. En los últimos tiempos se apuesto de moda los grupos mediante redes sociales en las cuales se puede presentar un problema y pedir ayuda para encontrar una solución, además de preguntar por la calidad de ciertos equipos que se los utiliza por primera vez.

En la publicación de Orellana y Sánchez en el año 2006 nos orienta con una clasificación de documentos en los entornos virtuales que se muestra en la siguiente imagen:

CLASIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS EN LOS ENTORNOS VIRTUALES	
Tipo	Descripción
Textuales	Contienen únicamente texto, su navegación es lineal porque carece de hipervínculos. Prácticamente es el tradicional documento de texto en forma digital, plasmado o colgado en la web.
Hipertextuales	Al igual que los textuales, contienen únicamente texto, con la diferencia que existen relaciones mediante hipervínculos entre las palabras o conjunto de palabras que lo componen, tanto dentro del mismo como hacia otros documentos hipertextuales proporcionando una navegación no lineal.
Multimediales	Son documentos en donde se combina texto, imágenes, fotografías, sonidos, animaciones, o cualquier otro tipo de dato en formato digital. Estos documentos no presentan hipervínculos, por lo que su navegación puede considerarse lineal.
Hipermediales	Si a un documento multimedial se le agrega la capacidad de vincularse dentro del mismo con otros documentos, es decir se le agregan hipervínculos, entonces se convierten en un documento hipermedial. Por consiguiente, su navegación es lineal, no secuencial de acuerdo al camino elegido por el usuario.

Figura 12. Clasificación de los Documentos en los entornos Virtuales.
Fuente: (Orellana & Sánchez, 2006)
Elaborado por: El Proponente

2.3.2 Técnica de conversación y narración

A diferencia de la conversación tradicional que tiene como base el dialogo presencial entre dos o más personas, en entorno virtuales los que sobresale por el momento es la conversación escrita, ya sea entre dos o más personas. Los grupos de WhatsApp, Facebook, etc. entre personas que comparten un mismo trabajo o hobby, por ejemplo, en este caso la energía solar fotovoltaica se convierte en algo más común con el pasar del tiempo. Al encontrarse con problemas diversos de personas en diferentes países del mundo, estos entornos virtuales te

enriquecen de problemas y soluciones a estos, desde el punto de vista de muchas realidades dotándonos de herramientas fundamentales para la solución de la investigación.

A continuación, se muestra un conjunto de ventajas y desventajas que se presentan en los entornos virtuales en lo que se recolecta información.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA OBSERVACIÓN PARTICIPANTE EN ENTORNOS VIRTUALES	
Ventajas /posibilidades	Inconvenientes / limitaciones
El registro de los datos se agiliza ya que se obtienen de forma totalitaria y automática, ejemplo las conversaciones grabadas del chat, foros, mensajería, etc.	Se dificulta contrastar lo que se dice o se escribe con lo que se hace debido a la naturaleza textual de los datos registrados.
Permiten redefinir las indagaciones durante la obtención de datos.	La interpretación de los datos exige mayor tiempo, muchísima atención, fidelidad y constancia. Es mas que una análisis textual
El uso de video favorece la predicción de ocurrencia espontánea de un suceso para su registro correspondiente.	El logro de la validez interna como externa resulta compleja, debido a la existencia de aspectos que podrían están fuera de control.
Permiten el estudio de una situación tal y como esta se lleva a cabo en tiempo real.	No son apropiadas cuando lo indagado no es observable directamente, por ejemplo el análisis de las intervenciones en el chat , conferencias sin haber participado en ellas.
Se obtiene riqueza informática en los datos, ya que las personas en estos entornos tienden a ser mas abiertas, abordando conversaciones que nunca lo harían fuera de ellos.	Requiere mayor cooperación activa que las técnicas de OP aplicadas en entornos presenciales, por la interacción atreves del texto, imagen y sonido.
Facilita la percepción, preparando la comprensión de la situación y del escenario social de las interrelaciones entre los miembros del grupo.	La identidad de los sujetos se mantiene, en la mayoría de los casos, en el anonimato. El investigador se debe valer de ciertos aspectos para descubrirla o confiar en el sujeto.
No hay distancia aparente entre el comportamiento y su registro, ya que ambos están hechos de interacciones textuales, auditivas o visuales. Su registro es digitalizado.	Limita obtener información de sujetos que no pueden proporcionarla por desconocer el uso de las TIC o simplemente no la usan por el motivo que sea.
La mediación técnica en la observación participante fija la experiencia y descontextualiza la memoria del observador.	En algunos casos el grupo o el contexto técnico pueden absorber al investigador, perdiendo así la capacidad de crítica.
El anonimato de la identidad / presencia del observador se vuelve mas fácil de mantener.	Variabilidad del instrumento humano a lo largo del tiempo de observación.
Brindan la oportunidad de estudiar fenómenos / situaciones sociales geográficamente distantes.	La retención de los mismos sujetos en las diferentes sesiones es difícil por la entrada y salida constante de sujetos en la red.
Permiten comprender las dinámicas grupales, sus interacciones de forma menos embrollosa.	La subjetividad del investigador puede influir en la interpretación de los datos.
No incurren en costos por desplazamiento del investigador, pues este desde la comodidad de su casa tiene acceso al trabajo de campo.	La observación en circuito cerrado los sujetos pueden ser influenciados por la presencia de las cámaras y el ambiente creado.

Figura 13. Ventajas e Inconvenientes de la Observación Participante en Entornos Virtuales.

Fuente: (Orellana & Sánchez, 2006)

Elaborado por: El Proponente.

2.3.3 Registro de datos en los entornos virtuales

Esta es una de las técnicas más importantes, ya que nos permiten almacenar la información que hemos recabado de una forma más efectiva y ordenada. Hoy en día existen diversas maneras de almacenar en la nube, con aplicaciones como Google drive, Dropbox, etc., que nos permiten acceder a la información de una manera más sencilla y en el momento que la necesitamos.

Un de las formas más efectivas que se utilizó en esta investigación fue el almacenamiento de la información más importante en la herramienta digital en mendeley, una aplicación virtual que no solo ayuda a organizar tu información sino también que nos ayuda al momento de citar esta información en un documento de texto con una variedad de normas, que hacen que el trabajo de investigación sea más sencillo.

2.3.4 Utilización conjunta de la técnica de recolección de datos

La utilización conjunta de las técnicas de recolección de datos, aportan una complementariedad que se encuentra implícita en la metodología planteada, utilizando una interacción entre ellas, se puede corroborar los planteamientos de diferentes actores con una gran cantidad de información y así se puede dar fe de una mejor manera de que los datos obtenidos reflejan la realidad en la investigación.

Para hacerlo de una forma más visual se representa un gráfico en donde se muestra la triangulación de las técnicas de recolección de datos.

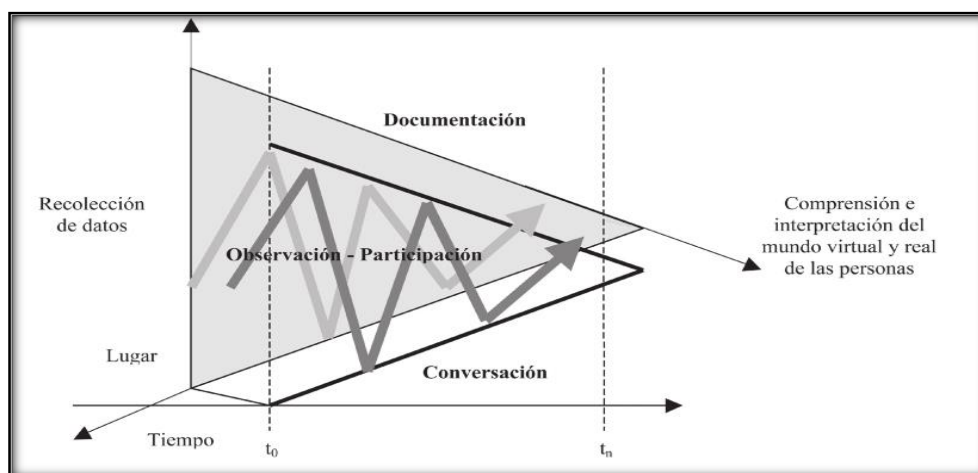


Figura 14. Utilización Conjunta de las Técnicas de Recolección de datos en Entornos virtuales.
Fuente: (Orellana & Sánchez, 2006)
Elaborado por: El Proponente.

2.3 Estadística descriptiva.

La estadística en general se la puede entender como un conjunto de métodos para recolectar, sintetizar y analizar datos, los cuales tiene como cualidad principal la variabilidad y con esto sacar conclusiones científicas.

Esta herramienta es importante en la presente investigación ya que se recolectó la información de producción y rendimiento de la instalación solar, luego se procedió a analizarlos los datos encontrando variabilidad de rendimientos por cada día de producción y con ello se pudo obtener un dato fundamental como es la producción media diaria en horas de la instalación solar fotovoltaica conectada a red.

Para poder obtener un buen análisis mediante la aplicación de la estadística descriptiva es necesario saber diferenciar elementos como la población, la muestra, etc.

Población: Conjunto objeto de estudio.

Muestra: Conjunto extraído de la población en donde se llevará a cabo el estudio.

Media aritmética: Es el valor promedio de la muestra y es independiente de la amplitud de los valores de los datos recolectados. Se la calcula sumando todos los valores muestrales y dividiendo para la cantidad de valores de muestra, como se presenta en la siguiente formula:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n X_i$$

En donde:

\bar{x} = Media aritmética.

n= Número de muestras disponibles.

Xi= Valores individuales de cada muestra.

Variables cuantitativas continuas: Son aquellas que pueden tomar una parte de la unidad.

Por lo tanto, la estadística descriptiva es un estudio científico realizado en la muestra, teniendo como objetivo principal tabular la información, hacer representaciones gráficas y presentar resultados sintetizados. Los datos recogidos de producción solar han sido ordenados y tabulados, además que tienen todas las características de las variables cuantitativa continuas.

2.4 Método de recolección de datos obtenidos del caso de estudio; instalación solar fotovoltaica conectada a red en el INEPE.

El día 18 de septiembre del 2018 la empresa Renova Energía puso en marcha un sistema solar fotovoltaico conectado a red en el Instituto de Investigación, Educación y Promoción popular del Ecuador (INEPE), ubicado a 3100 metros sobre el nivel del mar en el barrio la Dolorosa al suroccidente de la ciudad de Quito, específicamente en las coordenadas 0°14'10.3"S 78°32'16.8"W. La instalación consta de 25 paneles solares de 270 vatios, un inversor de 7 kilowatts de la marca SMA y las protecciones necesarias para este tipo de instalaciones.

El mencionado sistema cuenta con una potencia pico de producción de energía solar de 6,75 Kilovatios por hora, además el inversor cuenta con un recolector de datos interno que almacena la información de producción instantánea, esta información se actualiza cada 5 segundos y se puede acceder a ella mediante internet.

Los datos recolectados se presentan en esta tesis, los cuales están tabulados, sintetizados y analizados para realizar una inferencia en la producción solar del Ecuador, y en base a estos datos reales calcular los tiempos de amortización de la instalación en los diferentes clientes que tiene el sistema eléctrico del Ecuador.

A continuación, presento una imagen de muestra cómo se recolectan los datos de este tipo de instalaciones.

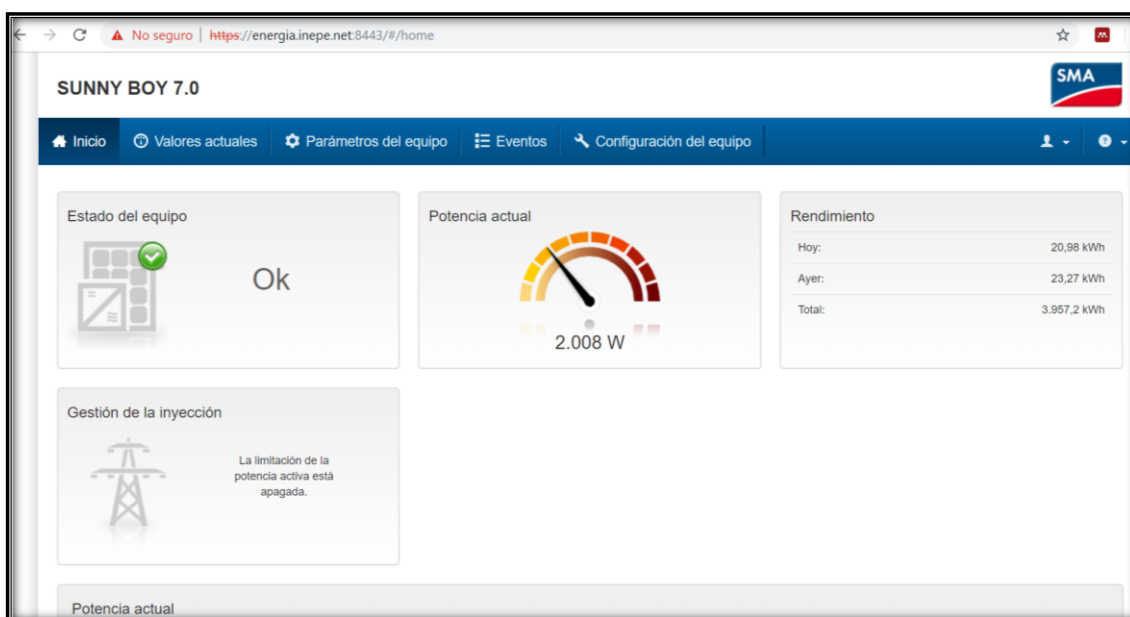


Figura 15. Estado de Producción de una ISF conectada a Red.

Fuente: Datos obtenidos del inversor de la instalación solar instalada en el del INEPE.

Elaborado por: Por el Proponente.

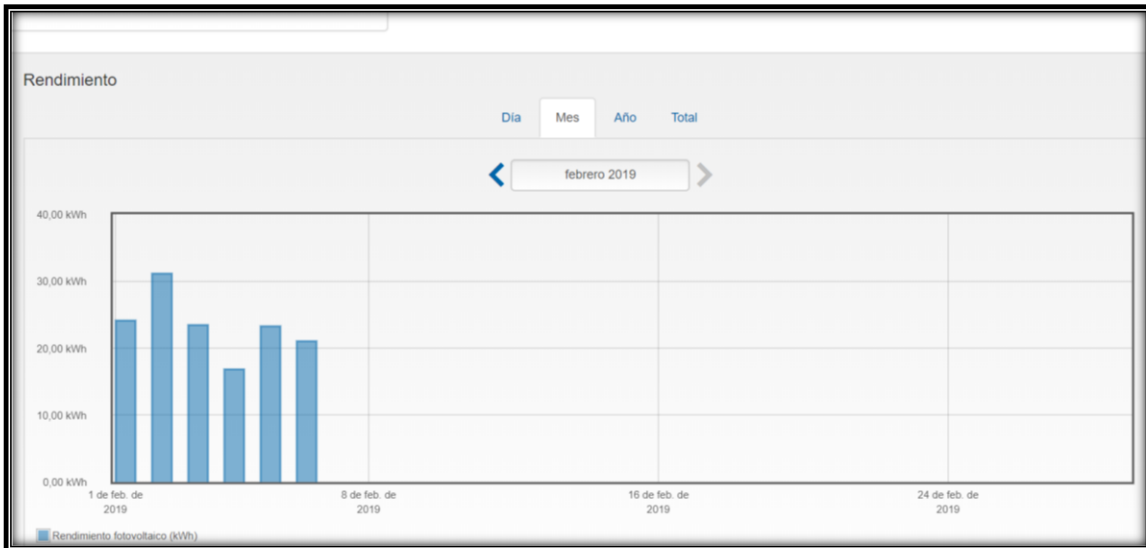


Figura 16. Rendimiento Diario de una ISF Conectada a red en el INEPE.

Fuente: Inversor de la instalación solar instalada en el del INEPE.

Elaborado por: El Proponente.

Como se puede observar en los gráficos anteriores, el sistema instalado tiene una interfaz de comunicación la cual se puede acceder mediante una red de internet, con esto podemos interactuar con el inversor para el cambio de parámetros, para la verificación del funcionamiento de la instalación o también para analizar y descargar los datos de producción que van desde un rango de 5 segundos hasta la producción total de la instalación.

2.5 Método de cálculo del costo unitario de producción en KW/h.

El costo unitario de un producto o servicio se entiende como el total de costos y gastos necesarios para producir, resguardar, transportar y vender una unidad de determinado producto o servicio en particular.

Este costo se basa en una metodología bien definida en el campo real, la cual se la entiende como los pasos necesarios para obtener el precio de venta. De una forma general obtener este costo es simple ya que se calcula el costo de crear un producto o servicio.

Para obtener el costo real de una instalación solar fotovoltaica conectada a red tendremos en cuenta los siguientes factores fundamentales como el costo inicial de la instalación, el costo del capital o la amortización y los gastos de mantenimiento y reposición de piezas.

Costo inicial de la instalación. – Este factor está dado en base a realidad real del Ecuador tomando presupuestos de empresas ecuatorianas dedicadas a la energía solar conectada a red y escogiendo la más se adecue a la instalación del caso de estudio.

Amortización de la inversión inicial. – Dado que la parte más sensible de una instalación solar fotovoltaica conectada a red es el costo inicial, y teniendo en cuenta que el ciudadano o empresa tipo en Ecuador no posee recursos líquidos para invertir, la opción más práctica es acudir a un préstamo de inversión que traerá consigo un interés por el costo del capital que se tendrá que sumar al costo inicial de la instalación.

Costo por mantenimiento de la instalación. – Para que exista un funcionamiento adecuado de la instalación y que esta puede tener una vida operativa de 20 años, hay que darle un mantenimiento adecuado. Una instalación solar tiene un bajo mantenimiento por lo que basta con realizar dos visitas al año, las cuales deben incluir limpieza de módulos y revisión de los equipos eléctricos y electrónicos.

Teniendo en cuenta los costos antes mencionados el costo total de una instalación solar fotovoltaica se la puede obtener mediante una fórmula básica.

El costo unitario obedece a la siguiente fórmula (Valenzuela, 2015):

$$CU = \frac{CFT + CVT + B}{UP}$$

En donde:

CU: Costo Unitario.

CFT: Costos Fijos Totales.

CVT: Costos Variable Totales.

UP: Unidades Producidas.

B: Beneficio económico

Para determinar el total de los costos fijos se debe sumar el total de los gastos administrativos y generales necesarios para producir. Mientras que los costos variables se incrementarán o disminuirán a medida que aumente la producción o se fabriquen más productos, si la producción es baja, también lo será el total de costos variables.

2.6 Método para el cálculo de eficiencia de producción eléctrica.

La eficiencia de producción también conocida como factor de utilización de una central eléctrica, es el resultado del cociente entre la energía real generada por la planta durante un periodo de tiempo y la energía generada teórica si la central hubiera operado al 100% durante el mismo periodo de tiempo, sin tomar en cuenta las pérdidas y otros factores.

La siguiente formula refleja la base del cálculo de eficiencia en producción eléctrica (Carlos, Vega, Augusto, & Rangel, 2014).

$$\%E = \frac{Ep}{Emax\ teorica} * 100$$

En donde:

%E = Eficiencia de un sistema de producción eléctrica.

Ep = Energía producida durante un periodo de tiempo.

Emax = Energía máxima teórica del sistema eléctrico en un periodo de tiempo.

Por ejemplo, si instalamos una central de generación fotovoltaica de 100 KW de potencia nominal, esta tendría una producción teórica de energía de:

$$Pmax = 100KW * 30\ días * 24\ horas\ por\ día = 72.000\ KW/mes$$

Este resultado es en teoría, calculado si la central de producción hubiese operado a su máximo rendimiento sin parar y sin tener en cuenta ninguna perdida. Siguiendo con el ejemplo en los treinta días en la realidad esta central de energía eléctrica solar produjo 18000 KH/h, obteniendo un rendimiento de:

$$\%E = \frac{Ep}{Emax\ teorica} * 100$$

$$\%E = \frac{18000\ KW/h}{72000\ KW/h} * 100$$

$$\%E = 0,25 * 100$$

$$E = 25\%$$

Como podemos observar en el ejemplo anterior esta central de generación de energía eléctrica solar tiene una eficiencia del 25%.

CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Producción y rendimiento diario en KW/h de la instalación solar fotovoltaica conectada a red en el INEPE

En la instalación del INEPE, se encuentra instalado un inversor marca SMA de 7 KW el cual posee un almacenador de datos interno que registra la producción y parámetros de errores que se puedan producir en el normal funcionamiento de la instalación solar fotovoltaica conecta a red.

Estos datos de producción se registran de manera continua cada 5 segundos y al final del día se obtiene un total de producción de ese día.

Se han recolectado los datos de rendimiento diario de la instalación y se ha obtenido el promedio mensual de producción en kW/h mediante la siguiente formula:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n Xi$$

En donde:

n= Número de días de producción de la instalación solar.

Xi= Kilovatios hora de cada día de producción.

De esta manera obtendremos una media de producción mensual, y a este valor lo dividimos para la potencia nominal de la instalación que en este caso es de 6,75 kW obteniendo el número de horas promedio de producción de la instalación que son de 4,01 a su máximo rendimiento, este valor nos servirá para calcular el costo promedio de un KW/h producido por energía solar fotovoltaica conecta a red, los datos obtenidos se encuentran en la tabla 1 de la presente tesis.

En la siguiente tabla se muestran los cálculos anteriormente realizaos con los datos obtenidos de la instalación solar conectada a red del INEPE.

Tabla 1. Producción de ESF conecta a red por mes y promedio de horas de producción al día.

AÑO	MESES	NUMERO DE DIAS POR MES	PROMEDIO DE PRODUCCIÓN MENSUAL (KW/h)	PROMEDIO DE PRODUCCIÓN DIARIO (KW/h)	POTENCIA NOMINAL INSTALADA (KW)	CANTIDAD DE HORAS DE PRODUCCIÓN AL DIA (KW/h)
2018	Septiembre	12	390,12	32,51	6,75	4,82
2018	Octubre	31	955,70	30,83	6,75	4,57
2018	Noviembre	30	739,16	24,64	6,75	3,65
2018	Diciembre	31	783,06	25,26	6,75	3,74
2019	Enero	31	857,02	27,65	6,75	4,10
2019	Febrero	28	741,09	26,47	6,75	3,92
2019	Marzo	31	835,90	26,96	6,75	3,99
2019	Abril	30	756,88	25,23	6,75	3,74
2019	Mayo	31	785,02	25,32	6,75	3,75
2019	Junio	30	771,97	25,73	6,75	3,81
MEDIA DE HORAS DE PRODUCCIÓN MÁXIMA EN EL INEPE						4,01
TOTALES		285	7615,92	27,06		

Fuente: Inversor SMA instalado en el INEPE

Elaborado por: El Proponente

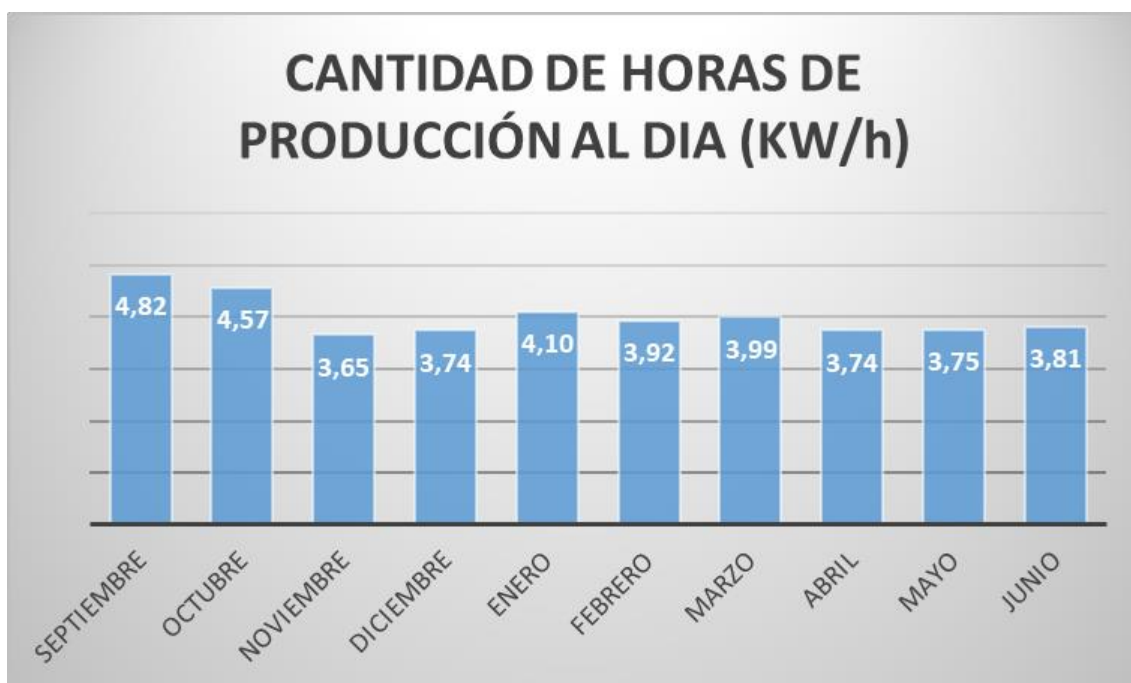


Figura 17. Media de Horas de Producción al día en Diferentes Meses en la ISF.

Fuente: Inversor SMA instalado en el INEPE

Elaborado por: El Proponente

En la tabla y el gráfico anterior podemos observar que el promedio de horas de producción máxima al día es de 4,01 horas, con este valor podemos proyectar cualquier tipo de instalación solar fotovoltaica conecta a red de la potencia nominal que sea. Por ejemplo, si realizamos una instalación solar de 25 KW de potencia nominal, la multiplicamos por 4,01 horas tendremos los kW/h de producción media al día que en este ejemplo seria de 100,25 KW/día, de esta forma podremos saber cuánto una instalación producirá en x días, x meses y x años,

dato muy necesario para el retorno de la inversión y su factibilidad económica de una ISF conectada a red.

3.2 Costo de una instalación solar fotovoltaica conectada a red.

Para obtener el costo real de una instalación solar fotovoltaica conectada a red tendremos en cuenta factores como el costo inicial de la instalación, así mismo como la amortización del financiamiento necesario y el mantenimiento que se le dará durante el tiempo de vida de la instalación solar conectada a red.

3.2.1 Costo inicial de la instalación.

Este factor está dado en base a realidad real del Ecuador tomando presupuestos de empresas ecuatorianas dedicadas a la energía solar fotovoltaica conectada a red y escogiendo la que más se adecuó a la instalación del caso de estudio, como mejor opción se tomó la proforma de la empresa Ingeniería verde que se encuentra anexada a la presente tesis.

3.2.2 Amortización de la inversión inicial

Dado que la parte más sensible de una instalación solar fotovoltaica conectada a red es el costo inicial, y teniendo en cuenta que el ciudadano o empresa tipo en el Ecuador no posee recursos líquidos para invertir, la opción más práctica es acudir a un préstamo de inversión que traerá consigo un interés por el costo del capital que se tendrá que sumar al costo inicial de la instalación. Actualmente en el Ecuador no existe un crédito específico para energías renovables, pero podemos tomar como referencia el interés para créditos de emprendimiento que es de un 11%.

3.2.3 Costo por mantenimiento de la instalación y reposición de piezas.

Para que exista un funcionamiento adecuado de la instalación y que esta puede tener una vida operativa de 20 años, hay que darle un mantenimiento adecuado. Una instalación solar tiene un bajo mantenimiento por lo que basta con realizar dos visitas al año, las cuales deben incluir limpieza de módulos, revisión de los equipos eléctricos y electrónicos y un cambio elementos en el momento que fallen o cuando estén presentando algún signo una falla.

Teniendo en cuenta los costos antes mencionados el costo total de una instalación solar fotovoltaica se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2. Costo de una instalación solar fotovoltaica conecta a red de 6,75 KW de potencia nominal.

CÁLCULO DE COSTO DE UNA INSTALCIÓN DE 6,75 KW				
UDS	DESCRIPCIÓN	C/U	TOTAL	REFERENCIA
1	Instalación solar fotovoltaica conecta red de 6,75 Kw	\$11.522,54	\$11.522,54	Anexo A
1	Intereses sobre el capital de inversión	\$6.089,00	\$6.089,00	Anexo C
20	Mantenimientos anuales y cambio de piezas defectuosas.	\$147,84	\$2.956,80	Anexo B
COSTO TOTAL DE UNA INSTACIÓN DE 6,75 KW DE POTENCIA NOMINAL			\$20.568,34	

Fuente: ANEXOS A, B Y C
 Elaborado por: El Proponente



Figura 18. Costos de una ISF Conectada a red

Fuente: ANEXOS A, B Y C
 Elaborado por: El Proponente

Como podemos ver en la tabla y gráfico anterior, si tenemos en cuenta los costos del interés del capital de inversión y el mantenimiento de una ISF, el precio de una posible inversión en energía solar fotovoltaica conectada a red aproximadamente se duplica, de un costo de 11.522,54 dólares pasamos a un costo de 20.568,34 dólares.

3.3 Costo promedio de un KW/h producido por ESF conecta a red.

En este apartado tomaremos en cuenta la vida útil de los equipos más importantes de una ISF conectada a red como es el inversor, los paneles solares y los equipos eléctricos necesarios.

3.3.1 El inversor.

Tiene una vida útil promedio de 20 años, según un estudio realizado por (Freddy, Torres, Sanchez, & Toral, 2014), el cual mediante un estudio experimental nos dice que a 47,4 °C un inversor tiene 180.000,00 horas de vida útil que equivale a 20 años. Hay que destacar que los

inversores en condiciones normales no suelen sobrepasar los 48°C, si esto sucede se activa automáticamente un sistema de enfriamiento por medio de ventiladores los cuales hacen que la temperatura se mantenga en un rango de funcionamiento adecuado.

3.3.2 Los paneles solares.

Tienen una vida útil de 25 años como mínimo, en este tiempo tendrán una pérdida de rendimiento de un 20% según un estudio realizado por la National Renewable Energy Laboratory sobre más de 2.000 sistemas instalados en todo el mundo, en el cual concluyen que el promedio de degradación de un panel solar es del 0,8% por cada año de operación (Jordan & Kurtz, 2013).

3.3.3 Componentes eléctricos en una ISF conecta a red.

Está compuesto por cables de cobre que según la empresa de producción de equipos eléctricos DONWLIGHT de Santiago de Chile, tienen una vida útil mínima de 25 años (IMPROSELEC, 2018) y elementos de protección con tiempos de funcionamiento muy variables, los cuales van a depender de las condiciones, el dimensionamiento y del mantenimiento que se le dé a la instalación, pero que son equipos pequeños con costos relativamente bajos.

Como podemos apreciar el apartado anterior en general los equipos que conforman una instalación solar fotovoltaica tiene una vida útil que oscila entre 20 y 25 años, para la presente tesis tomaremos la vida útil del menor de los equipos que es de 20 años.

Con el tiempo de funcionamiento de una instalación solar fotovoltaica de 20 años que son 7.300,00 días, multiplicada por un porcentaje de funcionamiento (K) del 95%, que descuenta las paradas por mantenimiento o fallo, con la potencia nominal de la instalación que para este caso es de 6,75 KW, el tiempo promedio de horas de producción máxima que fueron calculadas en la tabla 1 y que es de 4,01 horas por día y el costo total de la instalación calculada en la tabla 2, obteniendo un valor de 20.568,34 dólares podremos obtener el precio de kW/h de ESF conecta a red.

En esta parte es necesario hacer una puntualización sobre la obtención del porcentaje de funcionamiento (K), en base a la experiencia de empresas que trabajan en el sector como lo es Renova energía e Ingeniería Verde, nos manifiestan que el tiempo máximo que un sistema está parado por fallo o mantenimiento es de 1 a 2 días y estos en el tiempo se presentan en no más de un fallo por mes. Por lo tanto, basándonos en esta experiencia podemos inferir que un sistema estaría sin funcionar 1,5 días cuando existe un fallo o algún mantenimiento, y que

estos como máximo se pueden presentar uno por mes. Con estos datos tendríamos que en un año el sistema estará sin funcionar, en el peor de los casos 18 días, que equivale al 5% de del total de funcionamiento.

A continuación, se muestra el cálculo realizado para obtener el costo unitario (Valenzuela, 2015).

$$Cu = \frac{Ct}{(Tf * Pn * Hpd)k}$$

$$Cu = \frac{\$20.568,34}{(7.300,00 \text{ días} * 6,75 \text{ KW} * 4,01 \text{ Horas})0,95}$$

$$Cu = \frac{\$20.568,34}{187.661,60 \frac{WK}{h} \text{ en } 20 \text{ años}}$$

$$Cu = 0,1096 \text{ \$}/\left(\frac{KW}{h}\right)$$

En donde:

Cu = Costo Unitario de un KW/h de ESF conecta a red.

Ct = Costo total de la instalación.

Tf = Tiempo de funcionamiento de una ISF conecta a red.

Pn = Potencia nominal.

Hpd = Horas de producción máxima por día.

K= Porcentaje de funcionamiento.

Tabla 3. Costo unitario de un KW/h de ESF conectada a red.

CÁLCULO DEL COSTO UNITARIO DE UN KW/H DE ESF CONECTA A RED							
Años	Días/Año	Potencia nominal de producción (KW)	Porcentaje de funcionamiento (%)	Horas medias de producción por día (h)	Total de producción en 20 años (KW/h)	Costo total de la instalación (USD)	Costo unitario de un KW/h de ESF conecta a red (USD)
20	365	6,75	0,95	4,01	187.661,60	\$20.568,34	\$0,1096

Fuente: Tabla 1 y 2 de la presente tesis.

Elaborado por: El Proponente

Como podemos ver en el cálculo anterior, tomando en cuenta la interacción de varios elementos presentes en el un sistema de ESF conectada red, se ha obtenido un precio de KW/h de 10,96 centavos de dólar. Con este dato ya podemos hacer una comparación con los

diferentes valores del KW/h de la energía convencional en el Ecuador en sus diferentes categorías y rangos.

3.4 Alisáis de precios del KW/h hora de ESF conecta a red y la energía convencional en el área comercial, residencia e industrial.

En este apartado comparamos el precio del KW/h de la ESF conectada a red y el precio del KW/h de la energía convencional en el Ecuador en sus diferentes Categorías y rangos.

Se tomó los valores de la energía eléctrica regulada por ARCONEL para el año 2019, estos valores son regulados para todas las empresas de comercialización del país.

Tabla 4. Comparación de precios del KW/h de la energía convencional y la ESF conecta a red.

COMPARACIÓN DE PRECIOS DEL KW/H DE ENERGÍA CONVENCIONAL Y ESF CONECTA A RED					
RANGOS DE CONSUMO (KW/h)	COSTO BASE DEL KW/h (dólares)	COSTO DE LA ESF (KW/h) (dólares)	CONVENIENCIA DE LA ESF	INVERSIÓN EN ESF	TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (AÑOS)
CATEGORIA: Baja y media tensión - Residencial					
1 hasta 50	\$0,0910	\$0,1096	-\$0,0186	\$20.568,34	22,88
51 hasta 100	\$0,0930	\$0,1096	-\$0,0166	\$20.568,34	22,39
101 hasta 150	\$0,0950	\$0,1096	-\$0,0146	\$20.568,34	21,92
151 hasta 200	\$0,0970	\$0,1096	-\$0,0126	\$20.568,34	21,47
201 hasta 250	\$0,0990	\$0,1096	-\$0,0106	\$20.568,34	21,03
251 hasta 300	\$0,1010	\$0,1096	-\$0,0086	\$20.568,34	20,62
301 hasta 350	\$0,1030	\$0,1096	-\$0,0066	\$20.568,34	20,22
351 hasta 500	\$0,1050	\$0,1096	-\$0,0046	\$20.568,34	19,83
501 hasta 700	\$0,1285	\$0,1096	\$0,0189	\$20.568,34	16,21
701 hasta 1000	\$0,1450	\$0,1096	\$0,0354	\$20.568,34	14,36
1001 hasta 1500	\$0,1709	\$0,1096	\$0,0613	\$20.568,34	12,19
1501 hasta 2500	\$0,2752	\$0,1096	\$0,1656	\$20.568,34	7,57
2501 hasta 3500	\$0,4360	\$0,1096	\$0,3264	\$20.568,34	4,78
Superior	\$0,6812	\$0,1096	\$0,5716	\$20.568,34	3,06
CATEGORIA: Baja y media tensión - Residencial temporal					
Sin rango	\$0,1285	\$0,1096	\$0,0189	\$20.568,34	16,21
CATEGORIA: General - Baja tensión sin demanda - Comercial					
1 hasta 300	\$0,0920	\$0,1096	-\$0,0176	\$20.568,34	22,64
Superior	\$0,1030	\$0,1096	-\$0,0066	\$20.568,34	20,22
CATEGORIA: General - Baja tensión sin demanda - Industrial artesanal					
1 hasta 300	\$0,0730	\$0,1096	-\$0,0366	\$20.568,34	28,53
Superior	\$0,0890	\$0,1096	-\$0,0206	\$20.568,34	23,40
CATEGORIA: General - Baja tensión con demanda - Comerciales					
Sin rango	\$0,0900	\$0,1096	-\$0,0196	\$20.568,34	23,14

CATEGORIA: General - Baja tensión con demanda - Industriales					
Sin rango	\$0,0800	\$0,1096	-\$0,0296	\$20.568,34	26,03
CATEGORIA: General - Baja tensión con demanda horaria - Comerciales					
Sin rango (07:00 a 22:00)	\$0,0900	\$0,1096	-\$0,0196	\$20.568,34	23,14
Sin rango (22:00 a 07:00)	\$0,0720	\$0,1096	-\$0,0376	\$20.568,34	28,92
CATEGORIA: General - Baja tensión con demanda horaria - Industriales					
Sin rango (07:00 a 22:00)	\$0,0650	\$0,1096	-\$0,0446	\$20.568,34	32,04
Sin rango (22:00 a 07:00)	\$0,0690	\$0,1096	-\$0,0406	\$20.568,34	30,18
CATEGORIA: General - Baja tensión con demanda horaria diferenciada - Vehículos eléctricos					
Sin rango L a V (08:00 a 18:00)	\$0,0800	\$0,1096	-\$0,0296	\$20.568,34	26,03
Sin rango L a D (18:00 a 22:00)	\$0,1000	\$0,1096	-\$0,0096	\$20.568,34	20,82
Sin rango L a D (22:00 a 08:00)	\$0,0500	\$0,1096	-\$0,0596	\$20.568,34	41,65
Sin rango S Y D (22:00 a 08:00)	\$0,0500	\$0,1096	-\$0,0596	\$20.568,34	41,65
CATEGORIA: General - Media tensión con demanda - Comerciales					
Sin rango	\$0,0950	\$0,1096	-\$0,0146	\$20.568,34	21,92
CATEGORIA: General - Media tensión con demanda - Industriales					
Sin rango	\$0,0830	\$0,1096	-\$0,0266	\$20.568,34	25,09
CATEGORIA: General - Media tensión con demanda horaria - Comerciales					
Sin rango (07:00 a 22:00)	\$0,0950	\$0,1096	-\$0,0146	\$20.568,34	21,92
Sin rango (22:00 a 07:00)	\$0,0770	\$0,1096	-\$0,0326	\$20.568,34	27,04
CATEGORIA: General - Media tensión con demanda horaria diferenciada - Industriales					
Sin rango L a V (08:00 a 18:00)	\$0,0897	\$0,1096	-\$0,0199	\$20.568,34	23,22
Sin rango L a V (18:00 a 22:00)	\$0,1037	\$0,1096	-\$0,0059	\$20.568,34	20,08
Sin rango L a V (22:00 a 08:00)	\$0,0501	\$0,1096	-\$0,0595	\$20.568,34	41,57
Sin rango S,DyF (18:00 a 22:00)	\$0,0897	\$0,1096	-\$0,0199	\$20.568,34	23,22
CATEGORIA: General - Alta tensión con demanda horaria - Comerciales					
Sin rango (07:00 a 22:00)	\$0,0890	\$0,1096	-\$0,0206	\$20.568,34	23,40
Sin rango (22:00 a 07:00)	\$0,0810	\$0,1096	-\$0,0286	\$20.568,34	25,71
CATEGORIA: General - Alta tensión con demanda horaria diferenciada - Industriales					
Sin rango L a V (08:00 a 18:00)	\$0,0837	\$0,1096	-\$0,0259	\$20.568,34	24,88
Sin rango L a V (18:00 a 22:00)	\$0,0967	\$0,1096	-\$0,0129	\$20.568,34	21,54
Sin rango L a V (22:00 a 08:00)	\$0,0501	\$0,1096	-\$0,0595	\$20.568,34	41,57
Sin rango S,DyF (18:00 a 22:00)	\$0,0837	\$0,1096	-\$0,0259	\$20.568,34	24,88
CATEGORIA: General - Alta tensión con demanda horaria diferenciada (Grupo - AT1) - Industriales					
Sin rango L a V (08:00 a 18:00)	\$0,0678	\$0,1096	-\$0,0418	\$20.568,34	30,71
Sin rango L a V (18:00 a 22:00)	\$0,0814	\$0,1096	-\$0,0282	\$20.568,34	25,58
Sin rango L a V (22:00 a 08:00)	\$0,0543	\$0,1096	-\$0,0553	\$20.568,34	38,35
Sin rango S,DyF (18:00 a 22:00)	\$0,0678	\$0,1096	-\$0,0418	\$20.568,34	30,71

Fuente: (ARCONEL, 2019b) y tabla 3
Elaborado por: El Proponente

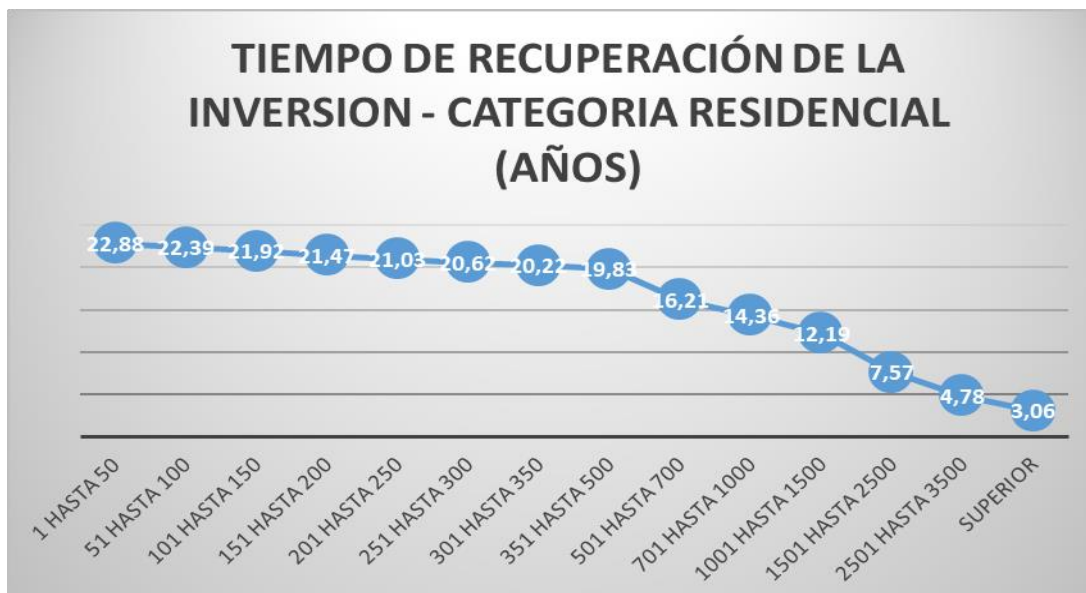


Figura 19. Tiempo de Recuperación de la Inversión en la Categoría Residencia en Años.
 Fuente: (ARCONEL, 2019b) y tabla 3
 Elaborado por: El Proponente

En la columna de conveniencia de la ESF de la tabla 4, se realiza una operación de resta entre el costo de energía convencional y la ESF conectada a red, si la operación es negativa significa que la energía convencional es más barata que la ESF conectada a red y la casilla se pintará de rojo. Si la operación es positiva significa que el KW/h ESF conectada a red es más barata que el KW/h de energía convencional y la casilla se pintará en verde.

Además, en la columna tiempo de recuperación de la inversión se muestra los años en que una posible inversión en ESF conectada a red es recuperada en su totalidad, esto se consigue dividiendo el costo total de una instalación de ESF conecta a red calculada en la tabla 2, entre el producto del costo de energía convencional por rangos y categorías que se obtuvo del pliego tarifario para las empresas suministradoras de energía eléctrica que se presenta en el Anexo D, por el número de KW/h producidos en un año en el sistema de ESF conectada a red que en este caso es de 9.383,04 KW/h por año. Esta columna se marca con color rojo cuando la recuperación supera los 10 años que es tiempo máximo para un crédito de emprendimiento y se marca de verde cuando el tiempo de recuperación disminuye de los 10 años.

En los cálculos realizados podemos observar que el área residencial la energía solar fotovoltaica conecta a red empieza a obtener un costo por debajo de la energía eléctrica convencional a partir de consumos de 500 KW/mes, cabe destacar que la mayoría de los consumidores a nivel nacional en el área residencial están por debajo de este rango, por lo que la ESF conectada a red puede ser rentable para una pequeña parte de consumidores a nivel residencia. Mientras tanto teniendo en cuenta los años de recuperación de la inversión

podemos observar que la ESF conectada a red produce un tiempo de recuperación de la inversión por debajo de los 10 años, que generalmente se otorga un préstamo de inversión para emprendimiento, a partir de consumos de 1.500 KW/mes, por lo que la rentabilidad de la ESF conectada a red se reduciría a una ínfima parte de consumidores residenciales del Ecuador.

Si analizamos los resultados comparativos de la ESF conecta a red y el precio de la energía convencional para las industrias ecuatorianas sean estas de productos o servicios como los comercios en los diferentes rangos, podemos observar que el costo la ESF conectada red es superior en todas las categorías y rangos. Mientras si analizamos los años de recuperación de la inversión en la parte industrial, en ninguna categoría ni rango la inversión se recupera por debajo de los 10 años, por lo tanto, con los datos y situaciones analizadas en la presente tesis la implementación de la ESF conectada a red no produce un impacto positivo en las industrias ecuatorianas.

Es importante tener en cuenta que en la parte industrial existen situaciones en las cuales los consumos de ciertas industrias son muy grandes, por lo que no se descarta en este tipo de industrias la rentabilidad de la ESF conectada a red, ya que esta tiende a disminuir sus costos cuando la potencia nominal a instalar se eleva.

3.5 Análisis de la eficiencia de los sistemas de producción eléctrica en el Ecuador.

Según la Agencia de Regulación y Control de Electricidad del Ecuador, la potencia nominal de producción que posee el Ecuador, con datos a febrero del 2019 es el que se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 5. Potencia nominal por sistemas de producción eléctrica en el Ecuador.

INFORMACIÓN ESTADÍSTICA A FEBRERO 2019			
1. Potencia Nominal en Generación de Energía Eléctrica		MW	%
Energía Renovable	Hidráulica	5.073,67	58,54%
	Eólica	21,15	0,24%
	Fotovoltaica	27,63	0,32%
	Biomasa	144,30	1,66%
	Biogás	7,26	0,08%
Total, Energía Renovable		5.274,00	60,85%
No Renovable	Térmica MCI	2.010,02	23,19%
	Térmica Turbo gas	921,85	10,64%
	Térmica Turbo vapor	461,87	5,33%
Total, Energía No Renovable		3.393,73	39,15%
Total, Potencia Nominal		8.667,74	100,00%

Fuente: ARCONEL - Balance nacional de energía eléctrica del Ecuador

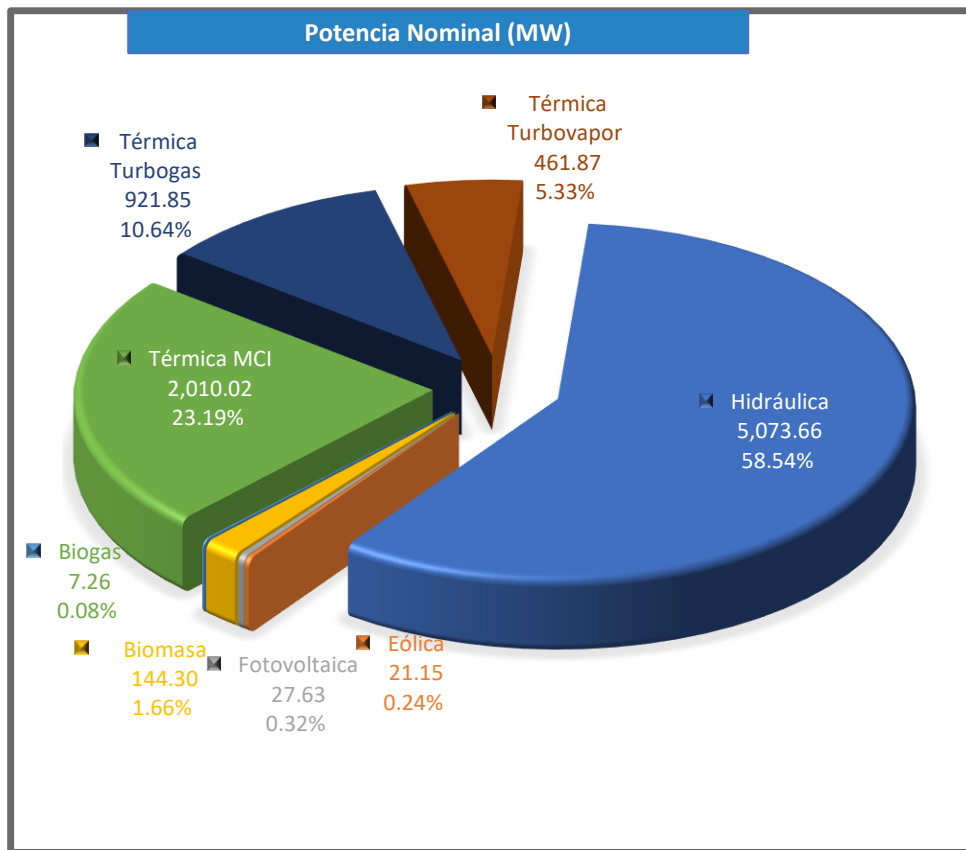


Figura 20. Potencia Nominal por sistema de producción eléctrica en el Ecuador.
Fuente: ARCONEL - Balance nacional de energía eléctrica del Ecuador
Elaborado por: El Proponente

Como podemos observar en la figura anterior, la energía hidráulica en el Ecuador es la que posee mayor potencia nominal de producción, seguida de la energía térmica MCI que es la que utiliza diésel para su funcionamiento. La energía solar fotovoltaica conectada a red solamente tiene un 0,32% de participación en la potencia nominal instalada en el país, esto nos da un margen muy amplio a la hora de pensar en la instalación de este tipo de sistemas, además que puede operar de una forma eficiente y equilibrada con la energía hidráulica, posicionando al Ecuador en un país que produce energía de una manera limpia y amigable con el medio ambiente.

Tomando los datos de ARCONEL, que es la institución nacional que se encarga de publicar la información sobre demanda y producción de energía eléctrica todos los años, tenemos que la demanda de energía eléctrica en el año 2018, distinguiéndose por cada tipo de sistema es la siguiente.

Tabla 6. Energía entregada en el Ecuador por tipo de sistema de producción en el año 2018.

4. Energía Entregada para Servicio Público		GW/h	%
Energía Renovable	Hidráulica	20.178,58	82,49%
	Eólica	83,45	0,34%
	Fotovoltaica	37,60	0,15%
	Biomasa	197,88	0,81%
	Biogás	43,86	0,18%
Total, Energía Renovable		20.541,37	83,97%
No Renovable	Térmica MCI	1.372,33	5,61%
	Térmica Turbo gas	947,49	3,87%
	Térmica Turbo vapor	1.495,32	6,11%
Total, Energía No Renovable		3.815,15	15,60%
Total, Producción Nacional		24.356,52	99,57%
Interconexión	Importación	106,09	0,43%
Total, Energía Entregada para Servicio Público		24.462,61	100,00%

Fuente: ARCONEL - Balance nacional de energía eléctrica del Ecuador
Elaborado por: ARCONEL

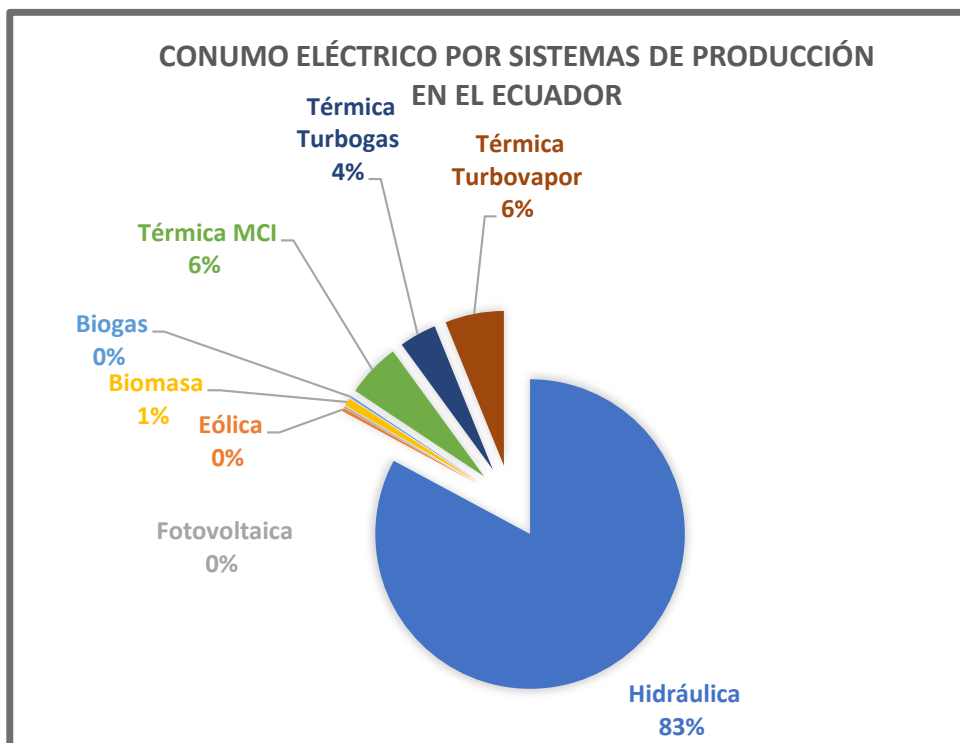


Figura 21. Demanda Eléctrica Ecuatoriana por Tipo de Sistemas de Producción.
Fuente: ARCONEL - Balance nacional de energía eléctrica del Ecuador
Elaborado por: El Proponente

Como podemos apreciar en el grafico anterior el 83% de la energía que se consumió en el Ecuador en el año 2018 proviene de la energía hidráulica. Un punto importante que resaltar es que las energías que tienen como materia prima el consumo de combustibles fósiles, como es la térmica MCI solo posee un 8% por ciento de consumo a nivel del país.

En base a los datos analizados en el apartado anterior, calculamos la eficiencia de cada sistema de producción teniendo como base la potencia nominal de producción y la demanda que ha existido en el año 2018.

En la tabla 7 se muestra el cálculo de la eficiencia para los diferentes sistemas de producción, esto se ha realizado dividiendo la demanda existente en el último año en el sistema, por el producto de la potencia nominal y las horas teóricas de producción en un año como se muestra en el ejemplo siguiente:

Cálculo de eficiencia de la energía hidráulica en el año 2018.

$$\begin{aligned} P_t &= P_n * 365 \text{ dias} * 24h \\ P_t &= 5.073,67 \text{ MW} * 365 \text{ dias} * 24h \\ P_t &= 44.445.349,2 \text{ MW/Año} \\ E (\%) &= \frac{D_r}{P_t} * 100 \\ E (\%) &= \frac{20.178.580,33 \text{ MW/año}}{44.445.349,2 \text{ MW/año}} * 100 \\ E (\%) &= 45 \% \end{aligned}$$

En donde:

E (%) = Eficiencia

Dr = Demanda real, consta en la tabla 6

Pt = Producción teórica o nominal

Pn = Potencia nominal, consta en la Figura 20

Aplicando el procedimiento antes descrito se calcula la eficiencia de todos los sistemas de producción eléctrica existentes en el Ecuador y se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 7. Eficiencia de los sistemas eléctricos en el Ecuador.

Potencia Nominal en Generación de Energía Eléctrica en el Ecuador				Producción teórica anual	Demanda real anual	Eficiencia	Rangos de factor de planta de referencia
Unidades		MW	%	MW/h	MW/h	%	%
Energía Renovable	Hidráulica	5.073,67	58,54%	44.445.349,20	20.178.580,33	45%	60% a 90%
	Eólica	21,15	0,24%	185.274,00	83.453,16	45%	20% a 40%
	Fotovoltaica	27,63	0,32%	242.038,80	37.595,57	16%	15% a 20%
	Biomasa	144,30	1,66%	1.264.068,00	197.880,32	16%	70% a 90%
	Biogás	7,26	0,08%	63.597,60	43.862,60	69%	70% a 90%
Total Energía Renovable		5.274,00	60,85%	46.200.327,60	20.541.371,98	44%	
No Renovable	Térmica MCI	2.010,02	23,19%	17.607.775,20	1.372.332,70	8%	70% a 90%
	Térmica Turbo gas	921,85	10,64%	8.075.406,00	947.488,86	12%	70% a 82%
	Térmica Turbo vapor	461,97	5,33%	4.046.857,20	1.495.324,70	37%	70% a 90%
Total Energía No Renovable		3.393,73	39,15%	29.730.038,40	3.815.146,26	13%	
Total Potencia Nominal		8.667,74	100,00%	75.930.366,00	24.356.518,24		
Instalación INEPE	Fotovoltaica (INEPE)	0,00675	0%	59,13	9,88	17%	15% a 20%

Fuente: ARCONEL - Balance nacional de energía eléctrica del Ecuador
 Elaborado por: El Proponente

EFICIENCIA DEL SISTEMA ELECTRICO ECUATORIANO

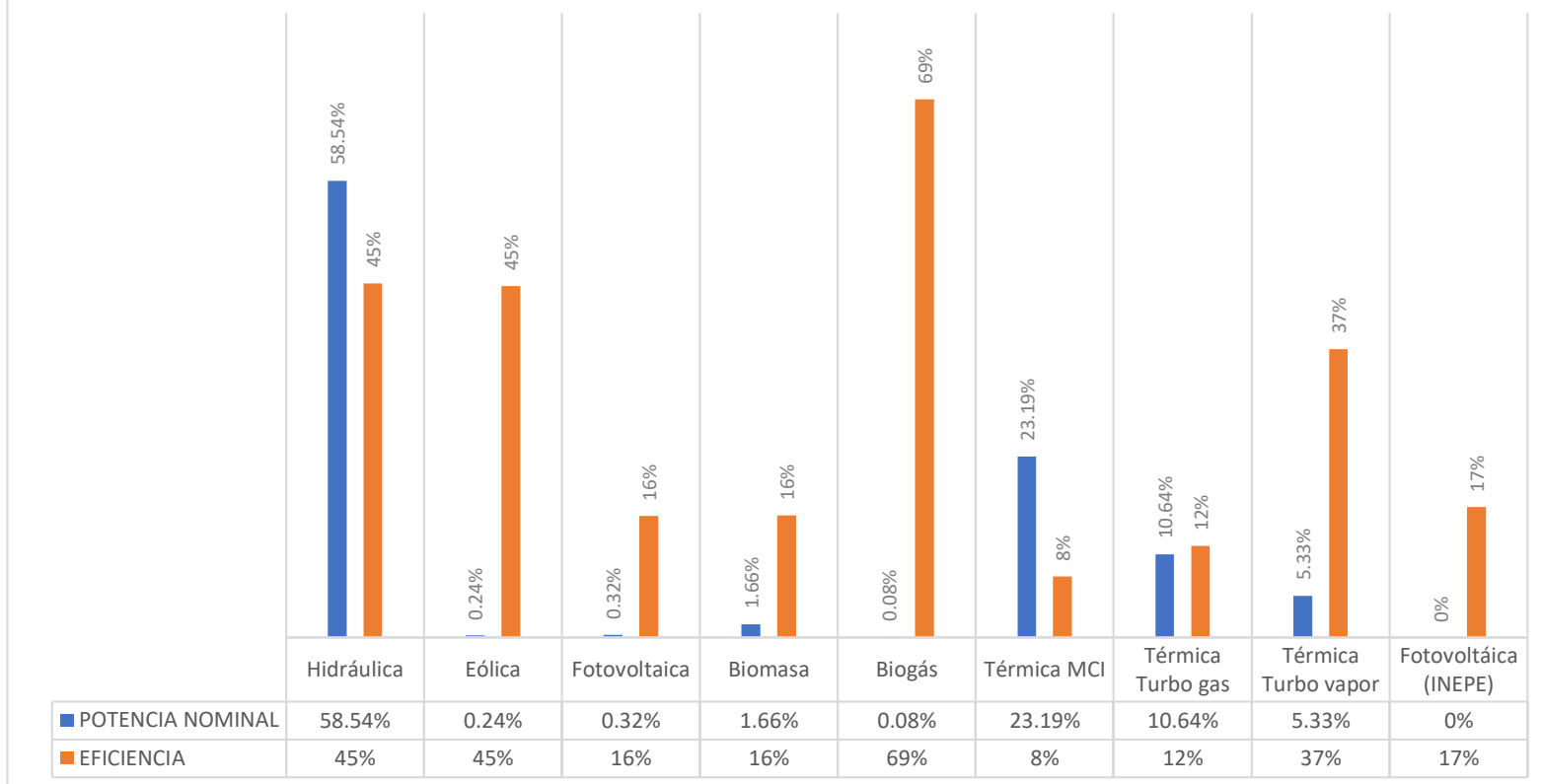


Figura 22. Comparación Entre Potencia Nominal y Eficiencia de los Sistemas Eléctricos en el Ecuador

Fuente: ARCONEL - Balance nacional de energía eléctrica del Ecuador

Elaborado por: El Proponente

En la tabla y el gráfico anterior se presenta la eficiencia con la que operan los sistemas de producción eléctrica del Ecuador, además en el gráfico consta una comparación entre la demanda existente en el año 2018 y la eficiencia con la que estos sistemas de producción trabajaron.

Generalmente un sistema de producción nunca trabaja al 100% de la potencia nominal instalada, siempre existen pérdidas por diferentes efectos físicos de los que son afectados, por lo que se presenta unos rangos de referencia aproximados en los que cada sistema suelen trabajar en condiciones efectivas de funcionamiento.

Según los datos calculados los sistemas que consumen fuentes renovables de materia prima para producir energía eléctrica son los que mayor eficiencia presentan, mientras que los sistemas que consumen materia prima no renovable como son los derivados del petróleo presentan una eficiencia muy baja en comparación con los rangos de referencia, esto es una buena noticia, ya que significa que el Ecuador del año 2018 la mayor parte de energía eléctrica que se consumió fue de fuentes renovables, consiguiendo un respiro para el planeta por la no emisión de gases de efecto invernadero que están incidiendo en el calentamiento global.

Otro aspecto muy importante que hay que tener en cuenta es lo referente a la energía hidráulica, ya que representa un 58,54% de potencia nominal instalada y un 83% del total de la energía entregada al servicio de los consumidores ecuatorianos en el año 2018, pero solamente posee un 45% de eficiencia. Esto puede deberse a que las plantas de generación tengan problemas de construcción, que exista alguna sequía o que la demanda sea inferior a la capacidad de producción y exista una subutilización de los sistemas generación.

Según el viceministerio de electricidad del Ecuador en el año 2018 la capacidad total de producción ascendió a 7.018 MW y la demanda de potencia se situó 3.933,4 MW (Pacheco, 2019), por lo que existe un 44% de capacidad instalada que no es aprovechada. Hay que tener en cuenta que los sistemas de eléctricos necesitan un margen para suplir las pérdidas de energía eléctrica por transporte y distribución las cuales para el 2018 se ubicaron sobre un 11%, pero aun así existe un amplio margen para llegar al 44% de capacidad no aprovechada. Por lo tanto, la presente investigación concuerda con las afirmaciones del viceministerio de electricidad, y concluye que en el Ecuador se está subutilizando la capacidad instalada de generación eléctrica.

En cuanto a la energía solar fotovoltaica conectada a red, representa un 0,32% de la potencia nominal instalada y trabaja a una eficiencia del 16%, entrando en el rango de la eficiencia de referencia. La energía solar fotovoltaica presenta unas eficiencias de trabajo inferiores a los

demás sistemas por el motivo de que solo funciona en periodo de presencia de sol y depende mucho del clima, las nubes, las sombras y el mantenimiento de limpieza que se le dé a los paneles solares. Si la comparamos por ejemplo con la energía hidráulica, esta tendrá una mayor eficiencia ya que puede estar en funcionamiento las 24 horas del día los 365 días del año.

El sistema de generación eléctrica que trabaja con la menor eficiencia es la térmica MCI que opera con motores de combustión interna, obtiene un 8% eficiencia y en el año 2018 aportó un 23,19% del total de la energía entregada a los ecuatorianos, aunque cada vez es menor su utilización, esta representa la segunda tecnología de producción eléctrica del Ecuador.

CONCLUSIONES

El KW/h de energía solar fotovoltaica conectada a red comienza a tener un precio inferior a la energía eléctrica convencional en el área residencial a partir de consumos del rango de 500 KW/mes, que representa una pequeña parte de las familias ecuatorianas. Si existiera una posible inversión con un crédito a 10 años, este solo sería recuperado en este periodo para familias que tengan consumos superiores a los 1.500 KW/mes, dejando la rentabilidad de un sistema solar fotovoltaico conectado a red solamente para una ínfima parte de familias ecuatorianas en el área residencial.

En el área industrial del Ecuador el KW/h de la energía solar fotovoltaica conectada a red supera el precio de la energía convencional en todas las áreas y rangos de consumo, y en ningún caso el tiempo de recuperación de una posible inversión disminuye por debajo de los 10 años. En esta parte es necesario precisar que esta conclusión es realizada tomando en cuenta los datos recabados del caso de estudio (INEPE), ya que en la parte industrial se trabaja con grandes potencias nominales de consumo y la ESF conectada red disminuye conforme la potencia de instalación aumenta, por lo que no se descarta que en algún escenario en la parte industrial la ESF conecta a red sea rentable.

La energía solar fotovoltaica conectada a red en un sistema eléctrico de producción centralizada como el que posee El Ecuador, al producirse en el sitio de consumo, aliviaría las redes de distribución eléctrica a nivel del nacional, podría reducir la necesidad de aumento de potencia de los transformadores, influiría en la necesidad de inversión en nuevos proyectos de generación eléctrica, etc., a pesar de todas estas connotaciones positivas que ofrece, para el Ecuador de hoy en día no aportaría en un impacto positivo a nivel de la economía Ecuatoriana, ya que el Ecuador en estos momentos tiene un 44 % más de potencia instalada de la que demanda, por lo que no necesita una ayuda de producción de energía solar fotovoltaica conectada a red, por el contrario, lo que busca es colocar el excedente de energía que produce y que se traduce en una ineficiencia para el sistema eléctrico del país y una pérdida económica para el mismo.

La energía solar fotovoltaica conecta a red por lo general posee un rendimiento menor a las demás tecnologías de producción eléctrica del Ecuador, ya que su funcionamiento se limita a las horas de sol existentes en el sitio de instalación, además de depender del clima, las sombras, la inclinación de los paneles, etc. En Ecuador la eficiencia que poseen los sistemas ya instalados llega a un 16%, encontrándose dentro del rango de funcionamiento normal de

la ESF conectada a red, aunque supera en rendimiento a la energía Térmica MCI que posee un 8% de eficiencia y a la energía térmica Turbo gas que posee un 12 % de eficiencia.

En el año 2013 Ecuador poseía un factor de emisiones de CO₂ de 0,71 toneladas por cada MW/h entregado al sistema nacional interconectado, gracias a la implementación de generadoras de energía hidráulica que ha existido en los últimos años este factor se ha reducido hasta llegar a 0,2434 toneladas de CO₂ por cada MW/h, este dato es muy importante para el cuidado ambiental en el Ecuador y su aporte al cuidado del planeta a nivel mundial. No obstante, la demanda energética tiene una proyección de crecimiento exponencial y una de las alternativas de mayor implementación en varios países de la región y del mundo que permitiría al Ecuador mantener e incluso reducir este factor sería la energía solar fotovoltaica conectada a red, no solo por las cero emisiones de CO₂ que produce sino también por complementariedad a nivel técnico con las generadoras centralizadas que existen hoy en día. (ARCONEL, 2019a; CENACE, 2018; MAE, 2013)

RECOMENDACIONES

Las energías renovables son muy buenas para nuestro planeta, de manera particular la energía solar fotovoltaica conectada a red, pero se tienen que integrar de una manera ordenada, teniendo en cuenta la parte técnica y las realidades de los países. Por ejemplo, en el caso de Ecuador que posee un excedente de potencia instalada no se puede generalizar instalaciones de energía distribuida por el momento, ya que posee una potencia de producción superior a la demanda actual, aunque habrá lugares muy alejados de las centrales de producción en donde las pérdidas por transporte y distribución sean demasiado grandes que justifique la instalación de energía solar fotovoltaica conectada a red.

La energía eléctrica en el Ecuador tiene una tendencia exponencial en su consumo, por lo que habrá que ir escaneando la producción y consumo año tras año, por ahora la energía solar fotovoltaica conectada a red no es rentable a nivel económico para el Ecuador, pero en un futuro muy próximo puede aportar de una manera positiva no solo a nivel económico, sino también a nivel técnico, logrando una mayor eficiencia para el sistema eléctrico ecuatoriano.

BIBLIOGRAFIA

- Abella, M. A. (2015). Sistemas fotovoltaicos. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
- ARCONEL. (2010). Regulacion-No.-CONELEC-013-08 (p. 17). p. 17.
- ARCONEL. (2017). Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano (Vol. 91).
- ARCONEL. (2018a). Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución. Servicio público de energía eléctrica. Periodo: enero - diciembre 2018 (Vol. 18).
- ARCONEL. (2018b). Proyecto de Regulacion Consumidores con Sistemas Fotovoltaicos de baja capacidad. En Octubre 2018.
- ARCONEL. (2019a). Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2018.
- ARCONEL. (2019b). Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución: Enero-Diciembre 2019 (Vol. 19).
- Carlos, J., Vega, M., Augusto, C., & Rangel, D. (2014). Boletín Modelo para medición de eficiencia real de producción y administración integrada de información en Planta de Beneficio Producción y Administración Integrada.
- CENACE. (2018). Informe del Factor de Emisión de CO2 2018.
- CNE. (1996). Ley del régimen del sector eléctrico. (351), 38.
- COPCI. (2015). Código organico de la producción, comercio e inversiones, copci. 1–87.
- Cubillos, A., & Estenssoro, F. (2011). Los desafíos del Crecimiento y Desarrollo en el contexto del cambio climático.
- ECOLÓGICA, E. (2019). Paneles fotovoltaicos - Energía ecológica. Recuperado el 4 de enero de 2019, de <https://energia-ecologica.com/energia-solar/paneles-fotovoltaicos/>
- Energía, C. N. (2015). Informe sobre las propuestas de real decreto por el que se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Factor. (2017). Utilización del mecanismo de balance neto para la promoción de la generación de electricidad descentralizada a partir de fuentes renovables en América Latina y Caribe. Fondo para el medio ambiente mundial, 1, 61.
- Freddy, C., Torres, E., Sanchez, V. M., & Toral, H. (2014). Determinación de la vida útil de un Inversor para aplicaciones fotovoltaicas. Estimation of Mean time between failures (MTBF) of a power inverter for Photovoltaic Applications. (January).
- Garrido, A. (2009). La energía como elemento esencial de desarrollo. Consecuencias de un modelo energético insostenible. 57.
- Gomes, J. (2012). Ingeniería Eléctrica. Produccion Y Generacion De Energia Electrica, 53.
- Hernan, I., & Jimenez, L. (2017). Energía , Entropia y Crecimiento Economico. 8.

- IMPROSELEC. (2018). Suministros Eléctricos. Recuperado de <https://improselec.com/suministros-electricos/>
- Ingemecánica. (2013). Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda. Recuperado de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>
- Jordan, D. C., & Kurtz, S. R. (2013). Photovoltaic degradation rates - An Analytical Review. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 21(1), 12–29. <https://doi.org/10.1002/pip.1182>
- MAE. (2013). Factor de Emisión de CO2 del Sistema Nacional Interconectado.
- Martínez, A. (2016). Energía solar fotovoltaica integrada en la edificación : modelizado y análisis del efecto del sombreado en la captación de irradiación. 309.
- MEER. (2017). PLAN MAESTRO ELECTRICO 2016-2025.pdf (p. 439). p. 439. Quito.
- Méndez, M. T. O., & León, H. D. D. (2013). Energía solar. *Geotermia*, Vol. 26, pp. 72–78. [https://doi.org/10.1016/S1471-0846\(05\)70397-8](https://doi.org/10.1016/S1471-0846(05)70397-8)
- Muñoz, J., Rojas, M., & Barreto, C. (2018). Incentive Pertaining To Energy the Generation Distributed in Ecuador. *Ingenius-Revista De Ciencia Y Tecnologia*, (19), 60–68.
- Nieto, A. G. (2017). ICEX, España Exportación e inversión. *Centrales Hidroelectricas en Ecuador*.
- Orellana, D., & Sánchez, M. (2006). Técnicas De Recolección De Datos En Entornos Virtuales Más Usadas En La Investigación Cualitativa. *Revista de Investigación Educativa*, 24(1), 24–1.
- Pacheco, M. (2017). Ecuador subutiliza el 48% de la potencia eléctrica instalada. *El Comercio*, p. 2. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador-subutiliza-potencia-energia-electrica.html>
- Pacheco, M. (2019). 2018, año de mayor generación hidroeléctrica en una década en el país | *El Comercio*. Recuperado el 6 de mayo de 2019, de <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador-generacion-hidroelectrica-record-energia.html>
- Rodríguez, M. A., & Cervantes, J. (2006). El efecto fotoeléctrico. 13, 303–311.
- Sawin, J. (2016). Reporte de la situación mundial de las Energías Renovables 2016. 1(5), 366–370.
- Torres, M. D. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética* (Primera ed; S. A. Instituto Tecnológico de Canarias, Ed.).
- Valenzuela, C. (2015). Determinación del costo unitario, una herramienta financiera eficiente en las empresas. *El Buzón de Pacioli*, 87, 4–18.
- VERDES, R. (2017). La energía hidroeléctrica en España lleva produciendo luz más un siglo.
- Westra, M. T. (2007). *Energía: impulsando el mundo*. EFDA, 60.

ANEXOS

Anexo A. Proforma de una instalación solar fotovoltaica conecta a red de 6,75 KW.

PROFORMA # 002359

CLIENTE: *Bayron Correa*
 EMPRESA:
 DIRECCIÓN: *Loja*
 FECHA: *2019-04-15*



PRESUPUESTO

Cantidad	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
25	JINKO SOLAR JKM275PP-60, 275Wp 24Vdc nominal 24 V 275 W	\$ 199.00	\$ 4,975.00
1	Inversor de Red Fronius Primo 7.6-1 208-240 WLAN/LAN/Webserver	\$ 2,758.75	\$ 2,758.75
1	<p>Estructura de Soporte para colocar 25 paneles solares de 275Wp sobre teja, fabricación en acero inoxidable y aluminio.</p> <p>Los paneles solares serán montados sobre rieles de aluminio, con la misma inclinación del tejado. Para la instalación de la estructura de soporte se debe considerar lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se realizará perforaciones en las tejas para poder ubicar el soporte sobre las vigas de madera. - El área requerida para la instalación de los paneles solares y estructuras es de 40m2 aproximadamente. Dicha área deberá estar libre de cualquier tipo de sombras. 	\$ 1,227.27	\$ 1,227.27
1	<p>Materiales Adicionales y Puesta en Marcha del Sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cableado doble encauchado multifilar de calibre adecuado etapa corriente continua (no mayor a 20 metros). • Cableado doble encauchado multifilar de calibre adecuado etapa corriente alterna (no mayor a 10 metros). • Protecciones adecuadas en líneas de corriente continua y alterna. • Gabinete con riel DIN para colocación en exteriores. • Malla de puesta a tierra conformado por 4 varillas cooperweild, con grilletes, y cable conector. • Manguera funda sellada BX o tubería EMT para conductores eléctricos (no mas de 50 metros). • Canaletas. • Montaje, instalación eléctrica, puesta en operación, control y pruebas. • Incluye Transporte de Equipos, alimentación y hospedaje de personal en Quito. 	\$ 1,860.00	\$ 1,860.00
		SUBTOTAL	\$ 10,821.02
		IVA 12%	\$ 701.52
		TOTAL	\$ 11,522.54

INNOVAHOME Cía. Ltda.

www.ingenieriaverde.org | info@ingenieriaverde.org | 2586584 | 0987053562 | 0997205280

Anexo B. Proforma de mantenimiento semestral para una instalación de Energía solar fotovoltaica conectada a red de 6,75 KW

PROFORMA # **002426**

CLIENTE: *Bayron Correa*
EMPRESA:
DIRECCIÓN: *Loja*
FECHA: *2019-06-28*



PRESUPUESTO

Cantidad	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Mantenimiento por año, que incluye: 2 visitas anuales para revisión de estructuras soportes, revisión de cableado, revisión de ductos, revisión de cajas de conexión, revisión de protecciones, revisión y limpieza de inversores y smart meter, presentación de informe. (no incluye limpieza de paneles solares)	\$ 132.00	\$ 1 32.00
		SUBTOTAL	\$ 132.00
		IVA 12%	\$ 15.84
		TOTAL	\$ 147.84

GARANTÍAS

- 1 año de garantía para defectos de fábrica en materiales e instalación.

INFORMACIÓN ADICIONAL

- Condiciones de pago: 60% anticipo y 40% contraentrega
- Tiempo de entrega: a convenir
- Esta oferta es válida por 30 días

Entrega: Ing. David Aguirre Burneo



INNOVAHOME Cia. Ltda.

www.Ingenierlaverde.org | info@Ingenierlaverde.org | 2586584 | 0987053562 | 0997205280

Anexo C. Tabla de amortización de un préstamo a 10 años plazo y con un 11% de interés.

AMORTIZACIÓN DE LA INVERSIÓN - METODO ALEMAN

P = Capital	\$11.522,54
n = Plazos	120
TEA	11%
TEM	0,87%
Mod. Vencida	0
Cuota mensual	\$155,36

N° de cuota	Saldo inicial de capital	Cuota	Intereses	Amortización del capital	Saldo final del capital
0					
1	\$11.522,54	\$196,67	\$100,64	\$96,02	\$11.426,52
2	\$11.426,52	\$195,83	\$99,81	\$96,02	\$11.330,50
3	\$11.330,50	\$194,99	\$98,97	\$96,02	\$11.234,48
4	\$11.234,48	\$194,15	\$98,13	\$96,02	\$11.138,46
5	\$11.138,46	\$193,31	\$97,29	\$96,02	\$11.042,43
6	\$11.042,43	\$192,47	\$96,45	\$96,02	\$10.946,41
7	\$10.946,41	\$191,63	\$95,61	\$96,02	\$10.850,39
8	\$10.850,39	\$190,79	\$94,77	\$96,02	\$10.754,37
9	\$10.754,37	\$189,96	\$93,94	\$96,02	\$10.658,35
10	\$10.658,35	\$189,12	\$93,10	\$96,02	\$10.562,33
11	\$10.562,33	\$188,28	\$92,26	\$96,02	\$10.466,31
12	\$10.466,31	\$187,44	\$91,42	\$96,02	\$10.370,29
13	\$10.370,29	\$186,60	\$90,58	\$96,02	\$10.274,26
14	\$10.274,26	\$185,76	\$89,74	\$96,02	\$10.178,24
15	\$10.178,24	\$184,92	\$88,90	\$96,02	\$10.082,22
16	\$10.082,22	\$184,09	\$88,06	\$96,02	\$9.986,20
17	\$9.986,20	\$183,25	\$87,23	\$96,02	\$9.890,18
18	\$9.890,18	\$182,41	\$86,39	\$96,02	\$9.794,16
19	\$9.794,16	\$181,57	\$85,55	\$96,02	\$9.698,14
20	\$9.698,14	\$180,73	\$84,71	\$96,02	\$9.602,12
21	\$9.602,12	\$179,89	\$83,87	\$96,02	\$9.506,10
22	\$9.506,10	\$179,05	\$83,03	\$96,02	\$9.410,07
23	\$9.410,07	\$178,21	\$82,19	\$96,02	\$9.314,05
24	\$9.314,05	\$177,38	\$81,35	\$96,02	\$9.218,03
25	\$9.218,03	\$176,54	\$80,52	\$96,02	\$9.122,01
26	\$9.122,01	\$175,70	\$79,68	\$96,02	\$9.025,99
27	\$9.025,99	\$174,86	\$78,84	\$96,02	\$8.929,97
28	\$8.929,97	\$174,02	\$78,00	\$96,02	\$8.833,95
29	\$8.833,95	\$173,18	\$77,16	\$96,02	\$8.737,93
30	\$8.737,93	\$172,34	\$76,32	\$96,02	\$8.641,90
31	\$8.641,90	\$171,50	\$75,48	\$96,02	\$8.545,88

32	\$8.545,88	\$170,67	\$74,64	\$96,02	\$8.449,86
33	\$8.449,86	\$169,83	\$73,81	\$96,02	\$8.353,84
34	\$8.353,84	\$168,99	\$72,97	\$96,02	\$8.257,82
35	\$8.257,82	\$168,15	\$72,13	\$96,02	\$8.161,80
36	\$8.161,80	\$167,31	\$71,29	\$96,02	\$8.065,78
37	\$8.065,78	\$166,47	\$70,45	\$96,02	\$7.969,76
38	\$7.969,76	\$165,63	\$69,61	\$96,02	\$7.873,74
39	\$7.873,74	\$164,80	\$68,77	\$96,02	\$7.777,71
40	\$7.777,71	\$163,96	\$67,94	\$96,02	\$7.681,69
41	\$7.681,69	\$163,12	\$67,10	\$96,02	\$7.585,67
42	\$7.585,67	\$162,28	\$66,26	\$96,02	\$7.489,65
43	\$7.489,65	\$161,44	\$65,42	\$96,02	\$7.393,63
44	\$7.393,63	\$160,60	\$64,58	\$96,02	\$7.297,61
45	\$7.297,61	\$159,76	\$63,74	\$96,02	\$7.201,59
46	\$7.201,59	\$158,92	\$62,90	\$96,02	\$7.105,57
47	\$7.105,57	\$158,09	\$62,06	\$96,02	\$7.009,55
48	\$7.009,55	\$157,25	\$61,23	\$96,02	\$6.913,52
49	\$6.913,52	\$156,41	\$60,39	\$96,02	\$6.817,50
50	\$6.817,50	\$155,57	\$59,55	\$96,02	\$6.721,48
51	\$6.721,48	\$154,73	\$58,71	\$96,02	\$6.625,46
52	\$6.625,46	\$153,89	\$57,87	\$96,02	\$6.529,44
53	\$6.529,44	\$153,05	\$57,03	\$96,02	\$6.433,42
54	\$6.433,42	\$152,21	\$56,19	\$96,02	\$6.337,40
55	\$6.337,40	\$151,38	\$55,35	\$96,02	\$6.241,38
56	\$6.241,38	\$150,54	\$54,52	\$96,02	\$6.145,35
57	\$6.145,35	\$149,70	\$53,68	\$96,02	\$6.049,33
58	\$6.049,33	\$148,86	\$52,84	\$96,02	\$5.953,31
59	\$5.953,31	\$148,02	\$52,00	\$96,02	\$5.857,29
60	\$5.857,29	\$147,18	\$51,16	\$96,02	\$5.761,27
61	\$5.761,27	\$146,34	\$50,32	\$96,02	\$5.665,25
62	\$5.665,25	\$145,50	\$49,48	\$96,02	\$5.569,23
63	\$5.569,23	\$144,67	\$48,64	\$96,02	\$5.473,21
64	\$5.473,21	\$143,83	\$47,81	\$96,02	\$5.377,19
65	\$5.377,19	\$142,99	\$46,97	\$96,02	\$5.281,16
66	\$5.281,16	\$142,15	\$46,13	\$96,02	\$5.185,14
67	\$5.185,14	\$141,31	\$45,29	\$96,02	\$5.089,12
68	\$5.089,12	\$140,47	\$44,45	\$96,02	\$4.993,10
69	\$4.993,10	\$139,63	\$43,61	\$96,02	\$4.897,08
70	\$4.897,08	\$138,80	\$42,77	\$96,02	\$4.801,06
71	\$4.801,06	\$137,96	\$41,94	\$96,02	\$4.705,04
72	\$4.705,04	\$137,12	\$41,10	\$96,02	\$4.609,02
73	\$4.609,02	\$136,28	\$40,26	\$96,02	\$4.512,99
74	\$4.512,99	\$135,44	\$39,42	\$96,02	\$4.416,97
75	\$4.416,97	\$134,60	\$38,58	\$96,02	\$4.320,95
76	\$4.320,95	\$133,76	\$37,74	\$96,02	\$4.224,93
77	\$4.224,93	\$132,92	\$36,90	\$96,02	\$4.128,91

78	\$4.128,91	\$132,09	\$36,06	\$96,02	\$4.032,89
79	\$4.032,89	\$131,25	\$35,23	\$96,02	\$3.936,87
80	\$3.936,87	\$130,41	\$34,39	\$96,02	\$3.840,85
81	\$3.840,85	\$129,57	\$33,55	\$96,02	\$3.744,83
82	\$3.744,83	\$128,73	\$32,71	\$96,02	\$3.648,80
83	\$3.648,80	\$127,89	\$31,87	\$96,02	\$3.552,78
84	\$3.552,78	\$127,05	\$31,03	\$96,02	\$3.456,76
85	\$3.456,76	\$126,21	\$30,19	\$96,02	\$3.360,74
86	\$3.360,74	\$125,38	\$29,35	\$96,02	\$3.264,72
87	\$3.264,72	\$124,54	\$28,52	\$96,02	\$3.168,70
88	\$3.168,70	\$123,70	\$27,68	\$96,02	\$3.072,68
89	\$3.072,68	\$122,86	\$26,84	\$96,02	\$2.976,66
90	\$2.976,66	\$122,02	\$26,00	\$96,02	\$2.880,63
91	\$2.880,63	\$121,18	\$25,16	\$96,02	\$2.784,61
92	\$2.784,61	\$120,34	\$24,32	\$96,02	\$2.688,59
93	\$2.688,59	\$119,50	\$23,48	\$96,02	\$2.592,57
94	\$2.592,57	\$118,67	\$22,65	\$96,02	\$2.496,55
95	\$2.496,55	\$117,83	\$21,81	\$96,02	\$2.400,53
96	\$2.400,53	\$116,99	\$20,97	\$96,02	\$2.304,51
97	\$2.304,51	\$116,15	\$20,13	\$96,02	\$2.208,49
98	\$2.208,49	\$115,31	\$19,29	\$96,02	\$2.112,47
99	\$2.112,47	\$114,47	\$18,45	\$96,02	\$2.016,44
100	\$2.016,44	\$113,63	\$17,61	\$96,02	\$1.920,42
101	\$1.920,42	\$112,80	\$16,77	\$96,02	\$1.824,40
102	\$1.824,40	\$111,96	\$15,94	\$96,02	\$1.728,38
103	\$1.728,38	\$111,12	\$15,10	\$96,02	\$1.632,36
104	\$1.632,36	\$110,28	\$14,26	\$96,02	\$1.536,34
105	\$1.536,34	\$109,44	\$13,42	\$96,02	\$1.440,32
106	\$1.440,32	\$108,60	\$12,58	\$96,02	\$1.344,30
107	\$1.344,30	\$107,76	\$11,74	\$96,02	\$1.248,28
108	\$1.248,28	\$106,92	\$10,90	\$96,02	\$1.152,25
109	\$1.152,25	\$106,09	\$10,06	\$96,02	\$1.056,23
110	\$1.056,23	\$105,25	\$9,23	\$96,02	\$960,21
111	\$960,21	\$104,41	\$8,39	\$96,02	\$864,19
112	\$864,19	\$103,57	\$7,55	\$96,02	\$768,17
113	\$768,17	\$102,73	\$6,71	\$96,02	\$672,15
114	\$672,15	\$101,89	\$5,87	\$96,02	\$576,13
115	\$576,13	\$101,05	\$5,03	\$96,02	\$480,11
116	\$480,11	\$100,21	\$4,19	\$96,02	\$384,08
117	\$384,08	\$99,38	\$3,35	\$96,02	\$288,06
118	\$288,06	\$98,54	\$2,52	\$96,02	\$192,04
119	\$192,04	\$97,70	\$1,68	\$96,02	\$96,02
120	\$96,02	\$96,86	\$0,84	\$96,02	\$0,00
	\$17.611,54	\$6.089,00	\$11.522,54		

Anexo D. Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución para el año 2019



PERIODO: ENERO - DICIEMBRE

EMPRESAS ELÉCTRICAS:

ANBATO-AZOGUES-CHIL BOLÍVAR-CENTROSUR-COTOPACXI-NORTE-RIOBAMBA-SUR

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

ENERO - DICIEMBRE

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD kWh)	ENERGÍA (USD kWh)	COMERCIALIZACION (USD Consumidor)
CATEGORÍA RESIDENCIAL			
NIVEL VOLTAJE	BAJO Y MEDIO VOLTAJE		1,414
1-99		0,091	
91-199		0,093	
101-150		0,095	
151-200		0,097	
201-250		0,099	
251-300		0,101	
301-350		0,103	
351-400		0,105	
501-700		0,1285	
701-1000		0,1450	
1001-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4392	
Superior		0,6812	
	RESIDENCIAL TEMPORAL		
		0,1285	
CATEGORÍA BAJO VOLTAJE SIN DEMANDA			
NIVEL VOLTAJE	BAJO VOLTAJE SIN DEMANDA		1,414
	COMERCIAL		
1-300		0,092	
Superior		0,103	
1-300	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS, SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
Superior		0,062	
	BOMBEO AGUA		
1-300		0,072	
Superior		0,083	
1-300	BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE		
Superior		0,058	
	INDUSTRIAL ARTESANAL		
1-300		0,073	
Superior		0,089	
1 - 100	ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO		
101-200		0,034	
201-300		0,036	
Superior		0,038	
NIVEL VOLTAJE	BAJO VOLTAJE CON DEMANDA		1,414
	COMERCIALES		
	4,750	0,092	
	INDUSTRIALES		
	4,750	0,092	
	ENTIDADES OFICIALES, ESCENARIOS DEPORTIVOS, SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
	4,750	0,080	
	BOMBEO AGUA		
	4,750	0,070	



Handwritten signatures and initials.



PERIODO: ENERO - DICIEMBRE
EMPRESAS ELÉCTRICAS:

AMBATO-AZOGUES-CNEL BOLÍVAR-CENTROSUR-COTOPAXI-NORTE-RIOBARBA-SUR

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

ENERO - DICIEMBRE **

CARGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/M-hora)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)	
BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA				
COMERCIALES				
00:00 hasta 22:00 horas	4,790	0,090	1,414	
22:00 hasta 00:00 horas		0,072		
INDUSTRIALES				
00:00 hasta 22:00 horas	4,790	0,066		
22:00 hasta 00:00 horas		0,060		
E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ARONADOS ESPECIALES				
00:00 hasta 22:00 horas	4,790	0,080		
22:00 hasta 00:00 horas		0,066		
BOMBEO AGUA				
00:00 hasta 22:00 horas	4,790	0,070		
22:00 hasta 00:00 horas		0,056		
BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA				
BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE				
L-V 00:00 hasta 18:00 horas	2,626	0,256	1,414	
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,265		
L-V 22:00 hasta 00:00 horas**		0,245		
S-D 18:00 hasta 22:00 horas		0,256		
VEHICULOS ELÉCTRICOS				
L-V 00:00 hasta 18:00 horas	4,950	0,500		
L-D: 18:00 hasta 22:00		0,100		
L-D: 22:00 hasta 00:00 horas		0,050		
SyD: 00:00 hasta 18:00 horas				
BAJO Y MEDIO VOLTAJE				
BOMBEO AGUA - COMUNIDADES CAMPESINAS DE ESCASOS RECURSOS ECONÓMICOS SIN FINES DE LUCRO				
1-300 Superior		0,340	0,700	
		0,340		
ASISTENCIA SOCIAL, SERVICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO CON DEMANDA				
	3,000	0,060	1,414	
ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA HORARIA				
00:00 hasta 22:00 horas	3,000	0,080		
22:00 hasta 00:00 horas		0,054		

Handwritten signature and initials.





PERIODO: ENERO - DICIEMBRE
EMPRESAS ELÉCTRICAS:

AMATO-AZOGUES-CNEL BOLÍVAR-CENTROSUR-COTOPAXI-NORTE-RIOBAMBA-SUR

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

ENERO - DICIEMBRE

RANGO DE COMPAÑIA	DEMANDA (USD/kWh mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACION (USD/Consumidor)
NIVEL VOLTAJE	MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA		
	COMERCIALES		1,414
	4,790	0,095	
	INDUSTRIALES		
	4,790	0,083	
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
	4,790	0,071	
	BOMBEO AGUA		
	4,790	0,067	
NIVEL VOLTAJE	MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA		
	COMERCIALES		1,414
08:00 hasta 22:00 horas	4,576	0,095	
22:00 hasta 08:00 horas		0,077	
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
06:00 hasta 22:00 22:00 hasta 06:00	4,576	0,071	
		0,059	
	BOMBEO AGUA		
08:00 hasta 22:00 horas 22:00 hasta 08:00 horas	4,576	0,061	
		0,046	
NIVEL VOLTAJE	MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA		
	BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE		1,414
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	2,620	0,043	
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,075	
L-V 22:00 hasta 08:00 horas		0,034	
S,D 18:00 hasta 22:00 horas		0,043	
	ESTACIÓN DE CARGA RÁPIDA		
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	4,090	0,069	
L-D: 18:00 hasta 22:00 horas		0,086	
L-D: 22:00 hasta 06:00 horas		0,043	
SyD: 08:00 hasta 18:00 horas			
	INDUSTRIALES		
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	4,576	0,0897	
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,1037	
L-V 22:00 hasta 08:00 horas		0,0501	
S,D,P 18:00 hasta 22:00 horas		0,0897	



Handwritten signatures and initials.

Resolución No. ARCONEL - 902/19 (1 de enero de 2019)
Resolución No. ARCONEL - 092/18 (26 de diciembre de 2018)



PERIODO: ENERO - DICIEMBRE *

EMPRESAS ELÉCTRICAS:

AMBATO-AZOGUES-CNEL BOLÍVAR-CENTROSUR-COTOPAXI-NORTE-RIOBAMBA-SUR

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

ENERO - DICIEMBRE **

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD \$/W mes)	ENERGÍA (USD \$/W)	COMERCIALIZACIÓN (USD \$/Consumidor)	
NIVEL VOLTAJE				
ALTO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA				
COMERCIALES				
06:00 hasta 22:00 horas	4,400	0,089	1,414	
22:00 hasta 06:00 horas		0,081		
E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ASIGNADOS ESPECIALES				
06:00 hasta 22:00 horas	4,400	0,086		
22:00 hasta 06:00 horas		0,059		
BOMBEO AGUA				
06:00 hasta 22:00 horas	4,400	0,055		
22:00 hasta 06:00 horas		0,049		
ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA HORARIA				
06:00 hasta 22:00 horas	3,000	0,065		
22:00 hasta 06:00 horas		0,054		
NIVEL VOLTAJE				
ALTO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA				
BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	2,100	0,039	1,414	
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,065		
L-V 22:00 hasta 06:00 horas***		0,031		
S,D 18:00 hasta 22:00 horas		0,039		
ESTACIÓN DE CARGA RÁPIDA				
L-V 06:00 hasta 18:00 horas	4,050	0,088		
L-D: 18:00 hasta 22:00 horas		0,086		
L-D: 22:00 hasta 06:00 horas		0,043		
SyD: 06:00 hasta 18:00 horas				
INDUSTRIALES				
L-V 06:00 hasta 18:00 horas	4,400	0,807		
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,867		
L-V 22:00 hasta 06:00 horas***		0,801		
S,D,F 18:00 hasta 22:00 horas		0,807		
NIVEL VOLTAJE				
ALTO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA (Grupo - AV2)				
INDUSTRIALES				
L-V 06:00 hasta 18:00 horas	3,940	0,878	7,666	
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,914		
L-V 22:00 hasta 06:00 horas***		0,854		
S,D,F 18:00 hasta 22:00 horas		0,878		

* Se aplicará desde el 01 de enero hasta el 31 de diciembre de 2019

** Conforme al Numeral 4 de la Resolución Nro. 043/11.

*** El valor de este cargo tarifario se aplica para el periodo complementario de los días S,D,F.

Handwritten signatures and initials in blue ink.



Anexo E. Glosario de términos que se utilizan en la presente tesis.

Eficiencia. - Es la relación entre lo que teóricamente se debe producir y lo que realmente se produce.

Auto consumo. - Se refiere a que se produce únicamente lo que se consume, sin que existe un excedente de energía.

KW/h.- Es la unidad que nos indica el consumo que hemos realizado de electricidad en un determinado periodo de tiempo, por ejemplo, un electrodoméstico de 1kW de potencia conectado durante una hora, ha consumido 1 KW/h.

Sistema Nacional Interconectado (SNI). - Es el que une a todas las centrales eléctricas del Ecuador y transporta la mayor cantidad de energía eléctrica a los sitios de consumo.

Alta tensión. - Tensión nominal superior a 1 kV (1000 Volts)

Capacidad de generación. - Máxima carga que un sistema de generación puede alimentar, bajo condiciones establecidas, por un período de tiempo dado.

Potencia nominal. - La potencia nominal es la potencia máxima que demanda o produce una máquina o aparato en condiciones de uso normales de funcionamiento.

Capacidad instalada. - Potencia nominal o de placa de una unidad generadora, o bien se puede referir a una central, un sistema local o un sistema interconectado.

Central generadora. - Lugar y conjunto de instalaciones utilizadas para la producción de energía eléctrica. Dependiendo del medio utilizado para producir dicha energía, recibe el nombre correspondiente.

Central hidroeléctrica. - Central generadora que produce energía eléctrica utilizando turbinas que aprovechan la energía potencial y cinética del agua.

Central termoeléctrica. - Central generadora que produce energía eléctrica utilizando turbinas que aprovechan la energía calorífica del vapor de agua producido en calderas.

Consumo (gasto). - Cantidad de un fluido en movimiento, medido en función del tiempo; el fluido puede ser electricidad.

Degradación. - Se dice que una unidad esta degradada cuando por alguna causa no puede genera la capacidad efectiva.

Demanda promedio. - Demanda de un sistema eléctrico o cualquiera de sus partes calculada dividiendo el consumo de energía en KW/h entre el número de unidades de tiempo de intervalo en que se midió dicho consumo.

Energía. - La energía es la capacidad de los cuerpos o conjunto de éstos para efectuar un trabajo. Todo cuerpo material que pasa de un estado a otro produce fenómenos físicos que no son otra cosa que manifestaciones de alguna transformación de la energía. La energía eléctrica se mide en kilowatt-hora (KW/h).

Energía hidráulica. - Es la energía potencial del agua de los ríos y lagos que se aprovecha en una caída de agua, por diferencia de altura en una presa o por el paso de ésta, la cual se transforma en energía mecánica por el paso del agua por una rueda hidráulica o turbina acoplada a un turbogenerador que la transforma en energía eléctrica.

Energía solar. - Energía producida por el efecto del calor o radiación del sol. Esta radiación se utiliza para excitar celdas fotovoltaicas que producen electricidad.

Gasto. - Los gastos son disminuciones del patrimonio neto de la empresa que no tengan a los propietarios como destinatarios. Por ejemplo, una reducción de capital, si lleva aparejada la devolución de aportaciones, implica un pago que no supone un gasto.

Familia. - La familia es un grupo de personas formado por individuos unidos, primordialmente, por relaciones de filiación o de pareja.

Economía. - Ciencia que estudia los recursos, la creación de riqueza y la producción, distribución y consumo de bienes y servicios, para satisfacer las necesidades humanas.

Industria. - Es la actividad que tiene como finalidad de transformar las materias primas en productos elaborados o semielaborados utilizando una fuente de energía.