



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

SEDE GUAYAQUIL

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

Previa la obtención del Título de:

**INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA**

“Estudio e Implementación de un Sistema Fotovoltaico Aplicado a Luminarias: Caso de Estudio Unidad Educativa Dr. Francisco Falquez Ampuero”

**AUTORES**

Grijalva Campoverde Carlos Xavier

Vélez Mosquera Félix Daniel

DIRECTOR: Juan Carlos Lata García

GUAYAQUIL

2020

## **CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TIULACIÓN**

Nosotros, Carlos Xavier Grijalva Campoverde y Félix Daniel Vélez Mosquera autorizamos a la **Universidad Politécnica Salesiana** la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

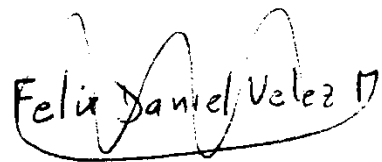
Guayaquil, Febrero, 2020



---

Carlos Xavier Grijalva Campoverde

0929530350



---

Félix Daniel Vélez Mosquera

0924987530

## **CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS**

Yo, **Carlos Xavier Grijalva Campoverde**, con documento de identificación N° **0929530350**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado “**ESTUDIO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO APLICADO A LUMINARIAS: CASO SE ESTUDIO UNIDAD EDUCATIVA DR, FRANCISCO FALQUEZ AMPUERO**” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

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

Guayaquil, Febrero, 2020



---

Carlos Xavier Grijalva Campoverde

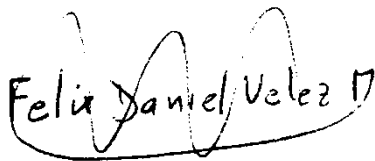
0929530350

## **CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS**

Yo, **FELIX DANIEL VELEZ MOSQUERA**, con documento de identificación N° **0924987530**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado “**ESTUDIO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO APLICADO A LUMINARIAS: CASO DE ESTUDIO UNIDAD EDUCATIVA DR, FRANCISCO FALQUEZ AMPUERO**” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

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

Guayaquil, Febrero, 2020

A handwritten signature in black ink that reads "Félix Daniel Vélez Mosquera". The signature is written in a cursive style and is enclosed within a hand-drawn oval shape.

---

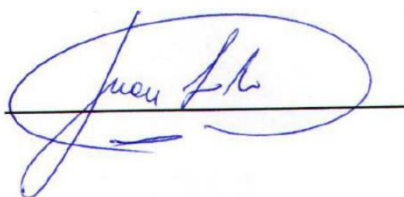
Félix Daniel Vélez Mosquera

0924987530

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR**

Yo, **JUAN CARLOS LATA GARCIA**, director del proyecto de Titulación denominado “Estudio e implementación de un sistema fotovoltaico aplicado a luminarias: caso de estudio Unidad Educativa Dr., Francisco Falquez Ampuero” realizado por los estudiantes, Carlos Xavier Grijalva Campoverde y Félix Daniel Vélez Mosquera, certifico que ha sido orientado y revisado durante su desarrollo, por cuanto se aprueba la presentación del mismo ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil, Febrero, 2020



Juan Carlos Lata García, PhD

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de tesis primero a Dios por darme las fuerzas y sabiduría. A mis padres por el apoyo incondicional en todo momento para seguir adelante a pesar de los momentos difíciles que pasamos y que con su sabiduría siempre han estado presente con sus consejos. A mi esposa e hijo, quienes siempre me alentaron en la realización de este proyecto, a todos quienes confiaron en mí en todo momento les dedico este trabajo.

Estas palabras no son suficientes para expresar mi profundo agradecimiento, pero espero que con estas pocas palabras, se den a entender mis emociones de aprecio admiración y cariño.

**Xavier Grijalva**

Dedico este presente trabajo a mis padres Cecilia y Manuel, a mi esposa e hijo quienes son mis pilares fundamentales en el día a día y de quienes cuento con su infinito apoyo. A mis abuelos Blanca y Dagoberto, quien los tengo presente en esta dedicatoria porque con ellos fui creciendo y escuchando sus consejos. A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañando y por el apoyo moral, que me brindaron durante todo este proceso.

A mi tía Máxima y toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Es un texto muy breve, pero espero demostrar el cariño que siento por todos los seres queridos que están en cada momento de mi vida.

**Félix Vélez**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecerle a Dios en todo momento, por todas sus bendiciones, a mi familia que siempre estuvo conmigo, brindándome todo su apoyo. A la Universidad Politécnica Salesiana por darme la oportunidad de educarme profesionalmente, a los catedráticos quienes nos impartieron enseñanzas a lo largo de la carrera universitaria.

Agradecerles a mis amigos y familiares por brindarme su apoyo incondicional para poder culminar mis estudios, para mí ustedes fueron una pieza importante para lograr esta meta. Un profundo agradecimiento al Ing. Juan Carlos Lata, tutor de mi tesis por darnos las pautas necesarias para el desarrollo del proyecto de titulación.

**Xavier Grijalva**

Agradezco profundamente a Dios por darme el valioso regalo de la vida y permitirme disfrutar de mis queridos. Agradezco a mi madre Cecilia y a mi abuela Blanca, quienes fueron mi sustento desde la infancia y que me enseñaron que la vida no es sencilla pero que todo se puede lograr con esfuerzo. Así mismo agradezco a toda mi familia, por enseñarme valores como la unidad y la humildad, que el apoyo y el cariño de la familia es inmenso.

Agradezco a mi padre Manuel y a mi hermano Richard, que me han sabido guiar, con los conocimientos técnicos en el trayecto de mi carrera profesional.

Agradezco mi tutor, el Ing. Juan Carlos Lata, que supo ser un amigo y guía durante la carrera y la elaboración del proyecto.

**Félix Vélez**

## RESUMEN

El presente proyecto posee como fin la implementación de un sistema fotovoltaico mediante la utilización de paneles solares en la escuela “Dr. Francisco Falquez Ampuero”, a fin de proveer a la institución de un abastecimiento eléctrico seguro, debido a la baja confianza que presenta el suministro de electricidad por parte de la institución pública nacional, además que este servicio representa un costo importante para la institución, entre las ventajas asociadas al proyecto se tiene que el uso de este tipo de sistemas son de naturaleza ecología y amigables con el ambiente, además de representar un ahorro económico y mejorar la confiabilidad para la continuación de las actividades académicas durante el turno nocturno.

En este contexto, se realizó el diseño del sistema, partiendo de un análisis de carga para determinar el consumo eléctrico promedio de la institución, se seleccionó la mejor ubicación de los dispositivos bajo la premisa de la mayor recepción de energía solar posible, además se diseñó y ubico el banco de baterías y demás elementos requeridos para el funcionamiento de los paneles solares, y finalmente se realizaron distintas pruebas para verificar el correcto funcionamiento del sistema propuesto.

Los resultados del estudio permiten concluir que el sistema de paneles solares tiene una capacidad de almacenamiento de 16.563 kW al año lo que le aportaría a la institución una independencia del sistema eléctrico convencional por un periodo superior a las 8 horas, además representaría un ahorro de 640 \$ al mes en consumo eléctrico y una reducción en la contaminación ambiental estimada de 125 kg de CO<sub>2</sub> por cada hora de funcionamiento del sistema fotovoltaico propuesto.

**Palabras claves:** Sistema fotovoltaico, paneles solares, energía solar, software Homer Pro, reducción CO<sub>2</sub>



## ABSTRACT

The project aims to implement a photovoltaic system through the use of solar panels at the “Dr. Francisco Falquez Ampuero”, in order to provide the institution with a safe electricity supply, due to the low confidence presented by the supply of electricity by the national public institution, and this service represents a significant cost for the institution, between The advantages associated with the project are that the use of these types of systems are ecology-friendly and environmentally friendly, in addition to representing economic savings and improving reliability for the continuation of academic activities during the night shift.

In this context, the system design was carried out, based on a load analysis to determine the average electrical consumption of the institution, the best location of the devices was selected under the premise of the highest possible solar energy reception, in addition it was designed and I locate the bank of batteries and other elements required for the operation of the solar panels, and finally different tests were carried out to verify the correct operation of the proposed system.

The results of the study allow us to conclude that the solar panel system has a storage capacity of 16,563 Kw per year which would give the institution an independence from the conventional electrical system for a period exceeding 8 hours, in addition it would represent a saving of 640 \$ per month in electricity consumption and an estimated reduction in environmental pollution of 125 Kg of CO<sub>2</sub> for each hour of operation of the proposed photovoltaic system.

**Keywords: Keywords:** Photovoltaic system, solar panels, solar energy, Homer Pro software, CO2 reduction

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>Pág.</b>
PORTADA.....	i
CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS.....	iii
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS.....	iv
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR.....	v
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTOS.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	13
ÍNDICE DE TABLAS.....	16
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	17
ÍNDICE DE ANEXOS.....	18
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA.....	19
INTRODUCCIÓN.....	20

CAPÍTULO 1 .....	22
1. EL PROBLEMA .....	22
1.1. Descripción del Problema. ....	22
1.2. Antecedentes .....	23
1.3. Importancia y Alcances.....	24
1.4. Delimitación.....	24
1.5. Objetivos .....	25
1.5.1. Objetivo General .....	25
1.5.2. Objetivos Específicos.....	25
1.6. Marco Metodológico.....	26
CAPÍTULO 2 .....	27
2.MARCO TEÓRICO .....	27
2.1. Conceptos básicos de la energía eléctrica. ....	27
2.1.2 Tipos de materiales .....	27
2.1.3 Tipos de corrientes eléctricas .....	28
2.1.4 Ley de OHM .....	29
2.1.5 Circuito Eléctrico .....	30
2.1.5.1 Partes de un circuito eléctrico .....	30
2.1.5.2 Tipos de circuito eléctrico.....	31
2.1.6 Potencia y energía eléctrica.....	33
2.2. Energía renovable.....	35
2.3. Energía Solar.....	35
2.3.1 Principales tipos de energía solar .....	37
2.3.2 Movimiento del sol .....	37
2.3.3 Radiación Solar .....	38
2.3.3.1 Principios básicos.....	38
2.3.3.2 Medición de la radiación solar .....	39
2.3.3.3 Parámetros de la radiación solar .....	40
2.3.3.4 Tipos de radiación solar .....	40

2.3.4 Efecto Fotoeléctrico .....	42
2.3.4.1 Tecnología asociada al efecto fotoeléctrico .....	44
2.4. Sistema Fotovoltaico .....	45
2.4.1 Componentes de los sistemas fotovoltaicos .....	45
2.4.2 Tipos de sistemas fotovoltaicos .....	46
2.4.2.1 Sistema fotovoltaico aislado (SFA) .....	46
2.4.2.2 Sistemas fotovoltaicos conectados a red .....	47
2.4.2.3 Sistemas híbridos fotovoltaicos.....	48
2.4.3 Paneles solares fotovoltaicos.....	49
2.4.3.1 Componentes de los paneles solares fotovoltaicos .....	50
2.4.3.2 Características de los paneles solares fotovoltaicos.....	51
2.4.3.3 Tipos de paneles solares.....	54
2.5. Aspectos Económicos Financieros.....	55
2.5.1 Contexto energético ecuatoriano.....	56
 CAPÍTULO 3 .....	 60
3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN .....	60
3.1.    Diseño de sistema fotovoltaico aislado .....	63
3.1.1 Características del recurso solar.....	63
3.1.2 Diseño del sistema Fotovoltaico .....	64
 CAPITULO 4 .....	 68
4.1.    Modelación en el Software Homer Pro .....	68
4.2.    Instalación del sistema fotovoltaico .....	82
4.3.    Pruebas realizadas al sistema fotovoltaico.....	86
 CONCLUSIONES .....	 88
 RECOMENDACIONES .....	 89
 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	 90
 ANEXOS.....	 94

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
FIGURA 1. TIPOS DE CORRIENTES ELÉCTRICAS. ....	28
FIGURA 2. TRIANGULO DE LA LEY DE OHM. ....	30
FIGURA 3. CIRCUITO ELÉCTRICO SIMPLE.....	31
FIGURA 4. TIPOS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS A) CIRCUITO PARALELO B) CIRCUITO EN SERIE. ....	33
FIGURA 5. TIPOS DE USOS PARA LA ENERGÍA SOLAR.....	36
FIGURA 6. MOVIMIENTO DEL SOL. ....	38
FIGURA 7. ESQUEMA DE LOS TIPOS DE RADIACIÓN QUE CONFORMAN LA RADIACIÓN GLOBAL. ....	41
FIGURA 8. INSOLACIÓN EN EL MES DE ENERO: DIRECTA, DIFUSA, GLOBAL.....	42
FIGURA 9. ESQUEMA DEL EFECTO FOTOELÉCTRICO. ....	43
FIGURA 10. ESTRUCTURA DEL PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO. ....	45
FIGURA 11. ESQUEMA DE UN SFA. ....	47
FIGURA 12. ESQUEMA DE UN SFCR.....	48
FIGURA 13. SISTEMAS HÍBRIDOS FOTOVOLTAICOS.....	49
FIGURA 14. ELEMENTOS DEL PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO. ....	50
FIGURA 15. CURVA I-V DE UN MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO.....	52
FIGURA 16. CURVAS I-V DE MÓDULO FOTOVOLTAICO EN FUNCIÓN DE LA IRRADIANCIA. ....	53
FIGURA 17. EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA CURVA I-V DE UN MÓDULO FOTOVOLTAICO. ....	54
FIGURA 18. TIPOS DE PANELES SOLARES Y SUS EFICIENCIAS. ....	55
FIGURA 19. FLUJOGRAMA DE LAS EMISIONES MUNDIALES DE GEI. ....	56
FIGURA 20. BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA DE ECUADOR.....	57
FIGURA 21. DEMANDA ENERGETICA PROYECTADA FRENTE A DEMANDA REAL ENTRE LOS AÑOS 2003 Y 2012. ....	58
FIGURA 22. CAPACIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA INSTALADA EN ECUADOR POR TIPO DE FUENTE. ....	58
FIGURA 23. ATLAS SOLAR DEL ECUADOR.....	59

FIGURA 24. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LAS AULAS EN LA ESCUELA DR. FRANCISCO FALQUÉZ AMPUERO”.....	62
FIGURA 25. UBICACIÓN DE LA ESCUELA “DR. FRANCISCO FALQUÉZ AMPUERO”.....	64
FIGURA 26. RADIACIÓN EN EL PLANO HORIZONTAL.....	65
FIGURA 27. PANTALLA INICIAL DEL SOFTWARE HOMER PRO.....	68
FIGURA 28. NOMBRE Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EN HOMER PRO.....	68
FIGURA 29. BARRA PARA LA MODELACIÓN DE CARGAS EN HOMER PRO.....	69
FIGURA 30. MÓDULO PARA INTRODUCIR INFORMACIÓN DE LA CARGA ELÉCTRICA.....	69
FIGURA 31. TABLA DE DEMANDA DE LA CARGA POR HORAS Y POR MES.....	70
FIGURA 32. CARGA DE ILUMINACIÓN MODELADA.....	70
FIGURA 33. BARRA PARA LA MODELACIÓN DE COMPONENTES EN HOMER PRO.....	71
FIGURA 34. MÓDULO DE DATOS DE LOS PANELES SOLARES.....	71
FIGURA 35. MÓDULO DE DATOS DE LA BATERIA.....	71
FIGURA 36. MÓDULO DE DATOS DEL INVERSOR.....	72
FIGURA 37. BARRA PARA LA MODELACIÓN DE RECURSOS EN HOMER PRO.....	72
FIGURA 38. MÓDULO DE RADIACIÓN MEDIA MENSUAL SOBRE EL PLANO HORIZONTAL.....	72
FIGURA 39. INGRESO DE INFORMACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR POR MESES.....	73
FIGURA 40. RADIACIÓN SOLAR PARA EL CASO DE ESTUDIO.....	73
FIGURA 41. BARRA PARA LA EJECUCIÓN DE DISTINTOS ANÁLISIS EN HOMER PRO.....	73
FIGURA 42. BARRA DE AYUDA EN HOMER PRO.....	74
FIGURA 43. ESQUEMA DEL DISEÑO IMPLEMENTADO EN HOMER PRO... ..	74
FIGURA 44. ÍCONO PARA EL INICIO DE LA SIMLACIÓN.....	74
FIGURA 45. PROGRESO DE LA SIMLACIÓN.....	75
FIGURA 46. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN.....	75
FIGURA 47. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN.....	76

FIGURA 48. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN. ....	76
FIGURA 49. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN. ....	77
FIGURA 50. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN. ....	77
FIGURA 51. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN. ....	78
FIGURA 52. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN. ....	78
FIGURA 53. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN. ....	79
FIGURA 54. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN. ....	79
FIGURA 55. HISTOGRAMA. ....	80
FIGURA 56. GRÁFICA DE PROBABILIDAD ACUMULADA. ....	80
FIGURA 57. CURVA DE DURACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR.....	81
FIGURA 58. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN. ....	81
FIGURA 59. EVALUACIÓN DEL CABLEADO ELÉCTRICO .....	82
FIGURA 60. LUMINARIAS DE LAS AULAS .....	82
FIGURA 61. PANELES SOLARES INSTALADOS EN EL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	83
FIGURA 62. CONEXIONES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	84
FIGURA 63. MANTENEDOR DE CARGA (REGLADOR) DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	84
FIGURA 64. BATERÍA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	85
FIGURA 65. INVERSOR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	86
FIGURA 66. TABLERO DE TRANSFERENCIA MANUAL AUTOMÁTICO.....	86
FIGURA 67. PRUEBA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO CON TRES INVERSORES .....	87
FIGURA 68. INSTALACIÓN DE UN NUEVO INVERSOR DE 3000 W .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
TABLA 1 EJEMPLOS DE POTENCIAS EN APARATOS ELÉCTRICOS.....	34
TABLA 2. RADIACIÓN MEDIA MENSUAL SOBRE EL PLANO HORIZONTAL (KWh/m <sup>2</sup> /dia).....	63



## ÍNDICE DE ECUACIONES

	<b>Pág.</b>
ECUACIÓN 1. LEY DE OHM.....	29
ECUACIÓN 2. RESISTENCIA ELÉCTRICA.....	29
ECUACIÓN 3. INTENSIDAD .....	30
ECUACIÓN 4. VOLTAJE.....	30
ECUACIÓN 5. POTENCIA DE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA.....	34

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO 1. Diagrama unifilar sistema de transferencia manual/ automática sistema fotovoltaico .....	94
ANEXO 2. Diagrama estructural de bases paneles solares.....	95
ANEXO 3. Diagrama unifilar sistema fotovoltaico de la escuela Dr Ampuero Falquez .....	96

## ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

A	Amperio
CA	Corriente alterna
Ag	Área de colector
Pmax	Potencia máxima de salida
BB	Banco de baterías
PV	Panel fotovoltaico
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio
NREL	Laboratorio de Energía Renovable
kVA	KiloVolta Amperios
kW	Kilo Vatio
kWh	Kilo Vatio hora
kWh/m <sup>2</sup>	Kilovatio hora por metro cuadrado
PE	Demanda máxima de energía
Rs	Irradiación solar por unidad de superficie bajo la ubicación
VAC	Voltaje Corriente Alterna
VDC	Voltaje Corriente Continua
V	Voltios
mA	Miliamperios
Cos	Coseno
Sen	Seno
Tan	Tangente
F	Frecuencia
L	Inductancia
C	Capacitancia
Hz	Hertz
I	Intensidad
Z	Impedancia
R	Resistencia
W	Vatios

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas fotovoltaicos se componen de células y son dispositivos que convierten la energía de la luz directamente en electricidad. Como la fuente de luz suele ser el sol, a menudo se les llama paneles solares, el uso de este tipo de tecnología ha crecido exponencialmente en los últimos años alrededor del mundo, esto debido a sus múltiples ventajas en diversas áreas, como el ambiental dada su baja producción de elementos contaminantes, en el sentido técnico debido a que es una tecnología de última generación y finalmente en el área económica por sus bajos costos de instalación y operación.

La ubicación geográfica del país en relación al sol se puede considerar privilegiada, debido a que en Ecuador la luz solar es recibida de forma constante, sin variaciones importantes causadas por los diferentes regímenes climáticos, además, que los rayos solares son recibidos de forma perpendicular y en ángulo definido, todas estas condiciones favorecen la utilización de esta fuente de energía a través de los sistemas fotovoltaicos, no obstante, el principal desarrollo en este ámbito se ha presentado en zonas distantes de la población urbana, en las cuales no existe un suministro eléctrico a través del sistema nacional. (Sopelia, 2016)

Durante el año 2016, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) desarrolló el proyecto “Electrificación Rural con Energías Renovables en zonas aisladas del Ecuador”, el cual tenía como objetivo dotar de servicio de energía eléctrica a las viviendas rurales situadas en las provincias de Sucumbíos y Orellana, las cuales no tienen acceso a las redes de distribución nacional. (CELEC, 2016)

En el ambiente académico, se han desarrollado múltiples proyectos relacionados a la implementación de esta tecnología, entre los que se pueden mencionar la: “Implementación de paneles fotovoltaicos en el aerogenerador existente en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico” desarrollado en el año 2011; el “Sistema Fotovoltaico para proveer energía eléctrica al GAD Parroquial de Curaray en la Provincia de Pastaza”, presentado por John Chicaiza en el año 2016, entre muchos otros, dejando en evidencia las múltiples ventajas de esta tecnología, entre las que se mencionan el fortalecimiento en la generación de energía interna, aumento del porcentaje de viviendas con servicios eléctricos, desarrollo e innovación tecnológica,

fuentes de trabajo en las comunidades lo cual finalmente conlleva en beneficios económicos al País.

# CAPÍTULO 1

## 1. EL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del Problema.

Las condiciones mundiales están cambiando, continuamente; los países son conscientes de la situación ambiental actual y han presentado múltiples propuestas con el fin de reducir la contaminación y controlar los elementos generadores, uno de los cuales está relacionado con la producción de la energía eléctrica, la cumbre climática celebrada en París en 2015 (COP-21), estableció que el 35% y el 43% de la energía doméstica deberían provenir de fuentes renovables para 2024 y 2030, respectivamente. (Naciones Unidas , 2015)

Una ventana importante para introducir las energías renovables en este sector es particularmente la energía solar, en Ecuador, la generación de electricidad corresponde a más del 20% de las emisiones totales contaminantes. El sector residencial, a su vez, representa el 25% de la electricidad total consumida (CONELEC, 2011). El país en su afán de disponer de una política energética aliada al medioambiente, y a su vez reducir costos en cuanto al consumo eléctrico, establece dos vías posibles: la primera vía consiste en el ahorro consiente por parte de la población con relación al uso de la energía eléctrica, promoviendo la adquisición de equipos diseñados para un consumo reducido y eficiente de la energía, así como el uso de la misma únicamente cuando sea necesario tanto en el hogar como en los sitios de trabajo. La segunda opción corresponde al uso de alternativas que permitan aprovechar otras fuentes de energía tal como es el caso de la solar y a través de los distintos mecanismos existentes poder convertirla en energía eléctrica.

Por otro lado, en la actualidad existe un grave problema relacionado a la crisis en el área energética, la cual afecta a los ciudadanos, principalmente debido al incremento en el precio del servicio de suministro eléctrico (Camara de Comercio de Guayaquil, 2018), razón por la cual, la tecnología fotovoltaica también está relacionada a un ahorro

en costos relacionados al consumo eléctrico, no solo para los ciudadanos, sino para el estado, a largo plazo la reducción de costos relacionados a la generación, transmisión y distribución de electricidad tradicional será notable en comparación con el uso de energías renovables.

En base a lo expuesto previamente, el presente proyecto tiene como finalidad la sustitución del sistema eléctrico convencional por el fotovoltaico en la escuela fiscal “Dr. Francisco Falquez Ampuero”, esta institución presenta un consumo eléctrico elevado, lo cual a su vez simboliza un alto costo, por lo que, con el desarrollo del presente proyecto se propone el uso de esta tecnología que es amigable con el ambiente, además de técnica y económicamente viable, su implementación representará un sistema de contingencia en caso de falla en el suministro del servicio eléctrico por parte de la red pública nacional.

## **1.2. Antecedentes**

Guayaquil es una de las ciudades con mayores registros de radiación en el país, recibiendo rayos solares que llegan al punto máximo, rayos ultra violetas que superan los 8 UV (El Universo, 2018), los cuales pueden ser aprovechados por las celdas fotovoltaicas, abasteciendo de energía a la red eléctrica interna de la escuela “Dr. Francisco Falquez Ampuero”, además el sistema permitirá almacenar energía en bancos de baterías externos los cuales servirán para mantener sistema eléctrico operando en la institución, por un periodo máximo de 8 horas, en caso del fallas en la red pública.

En este mismo contexto, en Ecuador se ha otorgado un gran impulso a las iniciativas relacionadas con la utilización de fuentes de energía alternativas, tales como son los sistemas fotovoltaicos, el Consejo Nacional de Electrificación (Conelec), es el ente responsable de promover este tipo de proyectos, durante el año 2011 mediante regulación 04/11, reformada un año después, se otorgó un tarifa especial a la generación de energía fotovoltaica con un valor de 0,40 USD por kilovatio hora (kWh), en el mismo sentido, durante el año 2012, Conelec suscribió un apoyo a 17 proyectos de generación eléctrica con paneles solares en Imbabura, Pichincha, Manabí, Santa

Elena, entre otras provincias, por una generación eléctrica total de 272 megavatios (MW) de potencia. (ARCONEL, 2018)

La Universidad Politécnica Salesiana en conjunto con el Departamento de Vinculación con la Colectividad tiene entre sus principales objetivos presentar trabajos que generen beneficios a la comunidad, en base a esto, alienta a sus estudiantes a proponer, desarrollar e implantar proyectos que mejoren la calidad de vida de las personas, el presente proyecto se encuentra adicionalmente alineado a las estrategias gubernamentales, que promueven el uso de tecnologías ambientales.

### **1.3. Importancia y Alcances**

El presente proyecto, tiene como objetivo la implementación de un sistema de suministro eléctrico sostenido por celdas fotovoltaicas en la escuela “Dr. Francisco Falquez Ampuero”, los beneficios esperados abarcan diversas áreas, desde el punto de vista económico, representa una reducción en los costos del servicio eléctrico para la institución, en el aspecto técnico simbolizará un sistema de contingencia para la institución en caso de fallas en el suministro de energía por parte de la red pública, y finalmente desde el punto de vista ambiental está alineado a la cultura de la eficiencia energética amigable con el ambiente reduciendo la emisión de CO<sub>2</sub>.

Considerando la importancia que este tipo de proyectos representa para el país, el presente trabajo servirá de base para nuevos planes relacionados al área, y además permitirá ampliar los conocimientos en el diseño e implementación de las tecnologías fotovoltaicas.

### **1.4. Delimitación**

El proyecto se realizará en la unidad educativa “Dr. Francisco Falquez Ampuero” ubicada en la parroquia Ximena ciudad de Guayaquil Provincia del Guayas, durante los meses de marzo y abril de 2019, la tesis abarca al estudio e implementación de un sistema fotovoltaico, que incluirá la adquisición de datos fundamentales como el consumo de energía, costos por el servicio de electricidad, niveles de radiación solar



obtenidos mediante software de optimización de sistemas de energía renovable, para finalmente realizar la implementación de los paneles solares.

Una vez instalados los paneles solares, se realizarán pruebas de contingencia con una duración de 8 horas en función de la autonomía esperada en el sistema. Además, se efectuará una comparación del consumo eléctrico generado entre el sistema convencional y las celdas fotovoltaicas; lo que permitirá determinar la eficiencia energética del sistema instalado, el proyecto está enfocado en el uso de energías renovables mediante la implementación de paneles solares.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Estudiar e implementar un sistema fotovoltaico para ser instalado en la escuela “Dr. Francisco Falquez Ampuero”, que funcione como un sistema de contingencia eficaz que garantice la continuidad de las actividades, además de demostrar la eficiencia energética con la utilización de energía renovable.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Realizar el estudio de cargas lumínicas instaladas en escuela y demostrar el balance energético dentro del consumo mensual con la implementación del sistema.
- Dimensionar mediante el estudio y cálculos, un sistema de generación de energía fotovoltaica OFF GRID (Sistema aislado) para la contingencia y suministro de la red eléctrica de alumbrado dentro de las instalaciones de la escuela.
- Reemplazar lámparas convencionales fluorescentes de alto consumo y contaminación por tubos de tecnología leds ideales para el proyecto.
- Calcular las pérdidas máximas ocasionadas por las sombras u orientación
- Analizar la reducción de emisión de CO<sub>2</sub> al medio ambiente con la utilización del sistema fotovoltaico.

## **1.6. Marco Metodológico**

La sistemática utilizada para desarrollar la investigación, a partir de los objetivos planteados se sustenta en la investigación científica, la cual según Rubeira (2008), representa el mecanismo sistemático a través del cual los científicos e investigadores, pueden obtener conclusiones antes las hipótesis planteadas en los diferentes proyectos. Bunge (2012), establece que es una búsqueda para encontrar la respuesta a una pregunta utilizando el método científico. A su vez, el método científico implica hacer observaciones, formular una hipótesis y realizar experimentos científicos. La investigación científica comienza con una observación seguida de la formulación de una pregunta sobre lo que se ha observado.

Por su parte, el enfoque de la presente investigación es cuantitativo, debido a que el objeto de estudio posee características que lo hacen observable, medible y cuantificable (Arias F. , 2016). Además, que lo que se pretende en esta investigación es medir la variable de estudio y obtener datos reales que permitan la implementación de un sistema fotovoltaico en la escuela “Dr. Francisco Falquez Ampuero”.

El tipo de investigación es descriptiva, la cual según Hernández, Fernández, & Baptista (2014), se define como un método de investigación que describe las características de la población o fenómeno que se está estudiando. Esta metodología se centra más en el "qué" del sujeto de investigación en lugar del "por qué" del sujeto de investigación, lo cual se llevó a cabo en este estudio al determinar y describir todos los parámetros inherentes a la tecnología relacionada con los paneles solares.

Finalmente, se establece que el diseño de la investigación es de campo, debido a que este se define como un método cualitativo de recopilación de datos que tiene como objetivo observar, interactuar y comprender el fenómeno o evento de estudio mientras se encuentran en un entorno natural, es decir el investigador no interviene en el proceso de estudio, ni las variables que lo sustentan. En base a lo expuesto, para el desarrollo del presente proyecto, el investigador procedió a recolectar la información en el ambiente de estudio, sin intervenir en el proceso estudiado.

## CAPÍTULO 2

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Conceptos básicos de la energía eléctrica.

##### 2.1.1 Electricidad

La electricidad es el flujo físico de electrones, denominada corriente eléctrica. Es un tipo de energía alimentada por la transferencia de electrones desde puntos positivos a negativos dentro de un conductor. La electricidad se usa ampliamente para suministrar energía a edificios, dispositivos eléctricos e incluso a algunos automóviles. Varios individuos son responsables del desarrollo de la electricidad, pero el más notable es Benjamín Franklin y su experimento de cometas voladoras. (Alexander & Sadiku, 2006)

- **Tensión o voltaje:** Fuerza externa que permite la circulación de electrones unidad de medida voltios (V).
- **Corriente intensidad o amperaje:** la velocidad a la que la carga fluye a través de una superficie (la sección transversal de un cable). Un amperio (AM-pir), o amplificador, es la unidad internacional utilizada para medir la corriente. Expresa la cantidad de electrones (a veces llamada "carga eléctrica") que fluye más allá de un punto en un circuito durante un tiempo determinado. (Rela, 2010)

##### 2.1.2 Tipos de materiales

El transporte de los electrones en un material se ve afectado por la estructura atómica del elemento, en función de esto distinguimos los siguientes materiales (Ruiz, 2011):

- **Materiales conductores eléctricos:** son aquellos que disponen de resistencia casi nula al movimiento de la carga eléctrica y contienen electrones que pueden desplazarse libremente.
- **Materiales aislantes eléctricos:** Poseen escasa capacidad conductora, frecuentemente utilizado para evitar cortos circuitos eléctricos.
- **Materiales semiconductores:** mantienen conductividad eléctrica inferior a la de un conductor, se utilizan como materiales de circuitos electrónicos.

### 2.1.3 Tipos de corrientes eléctricas

Existen dos tipos de corriente eléctrica, la corriente alterna (CA o AC en inglés) y la corriente directa o continua (CC o DC en inglés): La corriente alterna cambia su nivel de tensión y dirección varias veces a lo largo de un periodo determinado. Cuando la corriente alterna cambia su dirección dos veces se le llama ciclo. La CA proviene habitualmente de generadores, y es la que se recibe en los hogares donde llega la red eléctrica convencional. Las compañías eléctricas suelen generar CA a 50 o 60 ciclos por segundo, empleando el Hercio (Hz) como unidad para medir el número de ciclos por segundo. Al ser el tipo de corriente más extendido para consumo doméstico, la mayoría de los aparatos eléctricos disponibles en el mercado suelen funcionar en CA. (Roldan, 2013)

Por su parte, la corriente continua (CC) no cambia su dirección y su nivel de tensión se mantiene constante en condiciones normales. La DC proviene habitualmente de aparatos como baterías o paneles solares entre otros. Un sistema fotovoltaico, por lo tanto, estará proveyendo en origen CC. (Roldan, 2013)

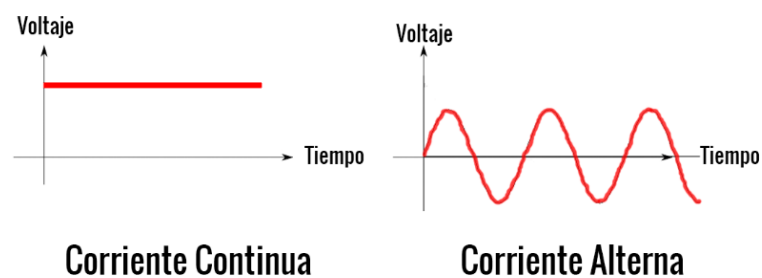


FIGURA 1. TIPOS DE CORRIENTES ELÉCTRICAS.

(Roldan, 2013)

### 2.1.4 Ley de OHM

La ley de Ohm es una de las leyes más fundamentales e importantes que rigen los circuitos eléctricos y electrónicos. Relaciona la corriente, el voltaje y la resistencia de un dispositivo lineal, de modo que si se conocen dos, se puede calcular el tercero. La Ley de Ohm se aplica en todas las ramas de la ciencia eléctrica y electrónica; se usa para calcular el valor de las resistencias requeridas en los circuitos, y también para determinar la corriente que fluye en un circuito donde el voltaje se puede medir fácilmente a través de una resistencia conocida, pero más que esto, la Ley de Ohm se usa en un gran cantidad de cálculos en todas las formas de circuitos eléctricos y electrónicos, de hecho, en cualquier lugar donde fluye la corriente. (Ruiz, 2011)

La ecuación de la ley de Ohm se puede expresar como

ECUACIÓN (1). LEY DE OHM

$$V_A - V_B = I * R$$

V = Diferencia de potencial, (V)

I = Intensidad de corriente, (A)

R = Resistencia del conductor, ( $\Omega$ )

Indica las dos variables que afectarían la cantidad de corriente en un circuito; la corriente en un circuito es directamente proporcional a la diferencia de potencial eléctrico impresa en sus extremos e inversamente proporcional a la resistencia total ofrecida por el circuito externo. La carga fluye a las velocidades más altas cuando aumenta el voltaje de la batería y disminuye la resistencia. (Rela, 2010)

ECUACIÓN (2). RESISTENCIA ELÉCTRICA

$$1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

### ECUACIÓN (3). INTENSIDAD

$$I = \frac{V}{R}$$

### ECUACIÓN (4). VOLTAJE

$$V = I * R$$



FIGURA 2. TRIANGULO DE LA LEY DE OHM.  
(Rela, 2010)

## 2.1.5 Circuito Eléctrico

Un circuito eléctrico se define como la trayectoria a través de la cual la corriente eléctrica fluye. El camino puede estar cerrado (unido en ambos extremos), convirtiéndolo en un bucle, un circuito cerrado hace posible el flujo de corriente eléctrica. También puede ser un circuito abierto donde el flujo de electrones se interrumpe porque el camino se rompe, este tipo de circuito no permite que fluya corriente eléctrica. (Fraile, 2012)

### 2.1.5.1 Partes de un circuito eléctrico

Cada circuito eléctrico, independientemente de dónde esté o de cuán grande o pequeño sea, tiene cuatro partes básicas. Deorsola y Morcelle (2016), describieron las partes básicas de un circuito eléctrico de la siguiente forma:

- La fuente de energía: En un circuito eléctrico, la fuente de energía proporciona el voltaje (la fuerza que empuja a los electrones a través de un conductor, medido en voltios) y la corriente (la tasa de flujo de electrones, medido en

amperios) para energizar un dispositivo conectado, una fuente de alimentación de voltaje proporciona un nivel de voltaje constante al circuito. Ejemplos de fuentes de energía de voltaje son las baterías, como las de su computadora portátil o automóvil, la energía de los paneles solares en su techo, el alternador de su automóvil o la energía proveniente de su planta de energía local o represa hidroeléctrica. Por otro lado, una fuente de corriente (también conocida como fuente de corriente constante), que se mide en amperios, proporciona una corriente constante de energía independientemente de su voltaje.

- El conductor: En un entorno eléctrico típico que utiliza dispositivos eléctricos comunes, es el cableado de una casa o dispositivo que proporciona la ruta del circuito en el que fluye la energía. El sistema conductor (conducción) interconecta todas las otras partes del circuito.
- El interruptor: proporciona el control que cierra (continúa) o abre (interrumpe) el flujo de energía eléctrica en el circuito. Existe una variedad de interruptores de circuito, que incluyen interruptores de pared, botones, teclas y muchos dispositivos biométricos.
- La carga: Cualquier dispositivo conectado a un circuito eléctrico que es activado o energizado por el flujo de electricidad hacia él, proporciona la carga eléctrica en el circuito. La carga es la cantidad de energía eléctrica que utiliza el dispositivo para completar su tarea. Este consumo eléctrico se mide en vatios, lo que equivale a la corriente (amperios) multiplicada por los voltios en el circuito.

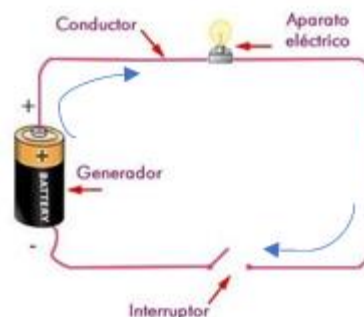


FIGURA 3. CIRCUITO ELÉCTRICO SIMPLE.  
(Fraile, 2012)

### 2.1.5.2 Tipos de circuito eléctrico

El circuito en serie es aquel en el que la misma corriente fluye a través de todos los componentes del circuito, es decir, la corriente solo tiene un camino a seguir. Si alguna vez ha tenido problemas con las luces de navidad, es posible que sepa un poco sobre los circuitos en serie. Si las luces se construyen en un circuito en serie (como muchas luces navideñas), cuando falta una bombilla o se quema, la corriente no puede fluir y las luces no se encienden. Los circuitos en serie pueden ser muy frustrantes porque si no funcionan, tienes que averiguar qué pieza es responsable del conjunto. (Alexander & Sadiku, 2006)

Propiedades del circuito en serie (Robbins & Miller, 2015):

- La misma corriente viaja a través de cada resistencia.
- La tensión de alimentación  $V$  es el total de las caídas de tensión individuales a través de las resistencias.  $V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$
- La resistencia eléctrica equivalente es equivalente al total de las resistencias individuales.
- La resistencia equivalente es la mayor de todas las resistencias individuales.  $R > R_1, R > R_2, \dots, R > R_n$

Un circuito paralelo es aquel en el que los componentes están dispuestos de manera que la corriente debe romperse (con bits que fluyen a través de cada rama paralela) antes de reunirse y combinarse nuevamente. Debido a que la corriente se divide, cada componente tiene asegurada una carga, y si un camino se rompe los otros caminos seguirán funcionando porque no depende el uno del otro. (Alexander & Sadiku, 2006)

Propiedades de los circuitos paralelos (Robbins & Miller, 2015):

- Una diferencia de potencial similar atraviesa todas las resistencias en paralelo.
- La corriente total se distribuye en el número de caminos equivalente al número de resistencias en paralelo. La corriente agregada es siempre la suma de todas las corrientes individuales.  $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$
- El recíproco de la resistencia equivalente de un circuito paralelo es equivalente a la suma del recíproco de las resistencias individuales.
- La resistencia equivalente es la más mínima de todas las resistencias.  $R < R_1, R < R_2, \dots, R < R_n$



- La conductancia equivalente es la suma matemática de las conductancias individuales.
- La resistencia equivalente es menor que la menor de todas las resistencias unidas en paralelo.

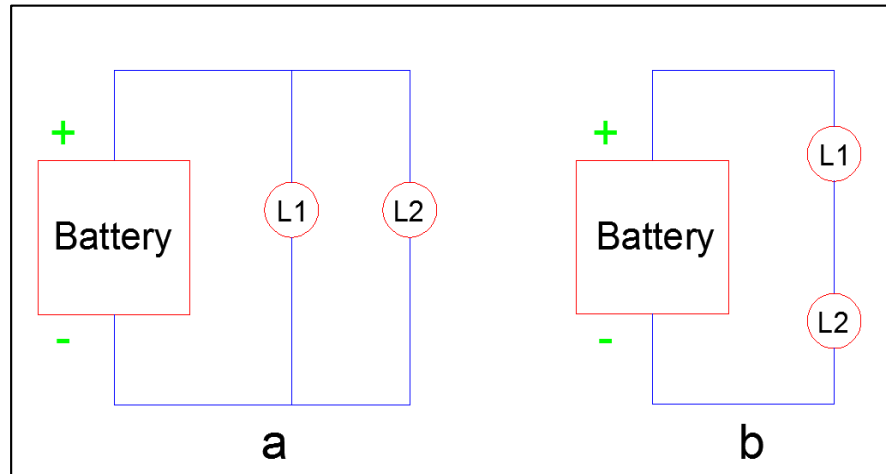


FIGURA 4. TIPOS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS A) CIRCUITO PARALELO B) CIRCUITO EN SERIE.  
(Alexander & Sadiku, 2006)

### 2.1.6 Potencia y energía eléctrica

En general, la palabra energía se refiere a un concepto que se puede parafrasear como "el potencial para causar cambios" y, por lo tanto, se puede decir que la energía es la causa de cualquier cambio. La definición más común de energía es el trabajo que puede hacer una determinada fuerza (gravitacional, electromagnética, etc.), en este contexto, la energía causada por el movimiento de los electrones de un lugar a otro de este tipo de energía se llama energía eléctrica. En otras palabras, la energía eléctrica es el trabajo realizado por las corrientes en movimiento de los electrones o cargas. La energía eléctrica es la forma de energía cinética porque se produce por el movimiento de las cargas eléctricas. Cuanto más rápido sea el movimiento de las cargas, más energía llevarán. La unidad de energía en el Sistema Internacional es el Julio y se representa con la letra J. (Fraile, 2012)

En física, medida de potencia eléctrica de la tasa de transferencia de energía eléctrica por un circuito eléctrico por unidad de tiempo. Denotado por P y medido usando la unidad de potencia SI es el vatio o un julio por segundo. La energía eléctrica es

comúnmente suministrada por fuentes tales como baterías eléctricas y producida por generadores eléctricos.

#### ECUACIÓN (5). POTENCIA DE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA

$$P = V \cdot I$$

P = Potencia eléctrica, (W)

V = Diferencia de potencia, (V)

I = Intensidad de corriente, (A)

Los electrodomésticos pueden medir su potencia en Watts, permitiéndonos calcular su consumo energético. Por ejemplo, un foco de 4W de potencia que se deja encendido durante 3 horas tiene un consumo energético de 12Wh. También se mide en Watts la potencia de los generadores como los paneles solares. Para que un sistema energético funcione tendrá, por lo general, que disponer de mayor potencia que las cargas que tiene. Es decir, si tengo un generador de 2000 W podré hacer frente a cargas que sumen 1500 W en total, pero no podría hacerlo con un generador de 1000 W. (Renzetti, 2008)

TABLA 1 EJEMPLOS DE POTENCIAS EN APARATOS ELÉCTRICOS.

Aparato	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Energía consumida (Wh)
<b>Foco LED</b>	4	8	32
<b>Cargador de celular</b>	5	7	35
<b>Foco fluorescente</b>	12	6	72
<b>Laptop</b>	30	5	150
<b>Ventilador</b>	80	4	320
<b>Bomba hidráulica</b>	600	3	1800
<b>Plancha eléctrica</b>	1000	2	2000
<b>Secador de pelo</b>	1200	1	1200

Fuente: (Renzetti, 2008)

## **2.2. Energía renovable**

En la actualidad debido a la conciencia social y política sobre la situación mundial relacionada al ambiente, se ha marcado una nueva tendencia en el uso de los recursos renovables; en los cuales se ha dado un impulso a las tecnologías amigables con el ambiente, entre las que se incluye los sistemas fotovoltaicos, como una herramienta para la generación de energía eléctrica requerida para el consumo individual y colectivo en viviendas y empresas, este sector ha recibido apoyo económico y técnico permitiéndoles crecer de forma exponencial en los últimos años. (Orjuela, 2017)

## **2.3. Energía Solar**

La energía solar es una fuente de energía de tipo renovable intensa y abundante, la cual se puede disponer para múltiples usos, mediante las distintas tecnologías disponibles actualmente se puede incrementar la velocidad de cambio hacia un proceso que genera una baja generación de carbonos contaminantes, considerando que entre las principales causas del calentamiento global se encuentra el uso de combustibles necesarios para la producción de energía eléctrica de forma convencional. (Fumo & Zambrano, 2013)

Según estudios de la NASA la cantidad de energía que emite el sol por hora, es suficiente para alimentar las necesidades de energía en forma de luz y calor de la población de la tierra por un año, lo que corresponde a 120.00 terawatios de irradiación solar, este valor es 20.000 veces superior a la potencia requerida por el planeta tierra. El ser humano ha utilizado la energía solar desde el principio de los tiempos de distintas formas, desde su energía lumínica, hasta su calor para confort térmico o el secado de alimentos. (Vega & Ramírez, 2014)

Martín (2014), establece que en la actualidad existen tres formas para el uso de la energía solar:

- **Utilización directa:** También llamada energía térmica pasiva, se utiliza a través de la aplicación de acristalamientos y otros dispositivos arquitectónicos que contienen un nivel másico alto y una elevada capacidad de absorción de energía térmica.

- Transformación en calor: el calentamiento pasivo es cuando el sol calienta objetos sin ayuda adicional. El sol calienta los edificios a través del techo, paredes y ventanas, los edificios en países más fríos a menudo se pintan las paredes con colores oscuros o negros hace que las superficies sean muy buenas para absorber la luz y producir energía térmica, también a través de un dispositivo llamado colector solar, el cual atrapa la energía del Sol.
- Transformación en electricidad: a través de los módulos fotovoltaicos, se logra la conversión de la energía solar en eléctrica, la cual puede ser utilizada de forma inmediata, o almacenarse en dispositivos diseñados para tal fin, permitiendo su disposición posterior o también puede incorporarse a la red eléctrica convencional.

Para Arencibia (2016), la energía solar se puede aprovechar de tres maneras:

- Forma pasiva: se refiere al uso de la energía en forma solar de forma natural.
- Forma térmica: consiste en calentar fluidos a partir de la radiación solar.
- Sistemas fotovoltaicos: permite la conversión de la energía proveniente del sol en energía eléctrica.



FIGURA 5. TIPOS DE USOS PARA LA ENERGÍA SOLAR.

(Arencibia, 2016)

Guayaquil es una de las ciudades con mayor registros de radiación en el país, recibiendo rayos solares que superan los 8 UV (ultra violetas) (El Universo, 2018), los cuales pueden ser aprovechado por las celdas fotovoltaicas, abasteciendo de energía a

la red eléctrica interna de la escuela además de almacenar energía en bancos de baterías externos los cuales provisionaran cuando existan los cortes eléctrico en la zona obteniendo una fuente de respaldo de hasta 8 horas de duración fiable.

### **2.3.1 Principales tipos de energía solar**

Sirajuddin (2017), establece que existen dos tipos principales de energía solar:

- Energía solar pasiva: se refiere al uso de la energía proveniente del sol de forma natural. El uso de ventanas orientadas al sur para proporcionar luz natural y calor a su hogar son ejemplos de energía solar pasiva.
- La energía solar activa: utiliza dispositivos mecánicos en la recolección, almacenamiento y distribución de energía solar para su hogar. Por ejemplo, en los sistemas activos de calentamiento de agua con energía solar, las bombas se utilizan para hacer circular el agua a través del sistema.

### **2.3.2 Movimiento del sol**

Cardenete (2011), establece que el sol presenta diferentes recorridos según la época del año. Para conocer su movimiento se emplea un sistema de coordenadas con dos ángulos.

- Altura solar ( $\alpha$ ): Es el ángulo que tiene lugar cuando se conecta la horizontal del sitio y la posición aparente del sol.
- Azimut solar ( $\psi$ ): es el ángulo formado por la posición del sol y la dirección del verdadero norte.

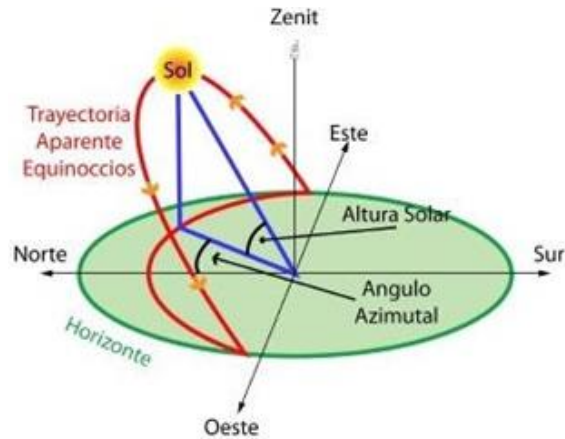


FIGURA 6. MOVIMIENTO DEL SOL.  
(Cardenete, 2011)

Además de estos dos ángulos, el sol tiene una declinación en su órbita que depende de la estación del año, y tiene un ángulo horario que progresa a una velocidad aproximada de  $15^\circ$  por hora. La forma más sencilla de obtener el azimut y la altura solar es el uso de tablas que definen sus valores en función del día del año, de la hora solar y de la latitud. Para conseguir una mayor radiación solar en un generador fotovoltaico, éste debe encontrarse lo más perpendicular a la radiación posible. Para ello, los paneles deben tener dos grados de libertad, uno con respecto a la inclinación del panel ( $\beta$ ) que coincide con la altura solar, y otro con respecto a su orientación al ecuador ( $\alpha$ ) que coincide con el azimut solar. (Cardenete, 2011)

### 2.3.3 Radiación Solar

La radiación solar, a menudo llamada recurso solar, es un término general para la radiación electromagnética emitida por el sol, se puede capturar y convertir en formas útiles de energía, como calor y electricidad, utilizando una variedad de tecnologías. Sin embargo, la viabilidad técnica y el funcionamiento económico de estas tecnologías en una ubicación específica dependen del recurso solar disponible. (Wald, 2007)

#### 2.3.3.1 Principios básicos

Vanegas, Villicaña y Arrieta (2015), indican que todos los lugares de la Tierra reciben luz solar como mínimo en algún momento del año. Los factores que determinan el volumen de energía proveniente del sol que recibe un sitio determinado de la superficie

terrestre, son los siguientes: el clima y paisaje local, la temporada del año, la hora del día y la ubicación del área de estudio.

La energía solar es recibida por la superficie terrestre dependiendo del ángulo del área en función de la ubicación del sol, desde  $0^\circ$  (justo por encima del horizonte) a  $90^\circ$  (directamente sobre la cabeza), el ángulo de los rayos afecta la calidad de la energía que recibe la tierra, si el ángulo es altamente inclinado, la luz se pierde a través de la atmósfera, convirtiéndose en rayos difusos y dispersos, en cambio, cuando se reciben de forma vertical el área absorbe la máxima cantidad de energía disponible, en el mismo contexto, en las zonas polares del planeta el sol nunca se encuentra en forma vertical y por estas razones existe parte del año que las mismas no reciben ningún rayo solar. (Zarzalejo, Polo, & Martín, 2016)

Durante el viaje de los rayos solares, desde el sol hasta la tierra pierden parte de su energía en la atmósfera, mediante los procesos de absorción, dispersión o como consecuencia del fenómeno de reflexión. (Vanegas, Villicaña, & Arrieta, 2015):

- Moléculas de aire
- Vapor de agua
- Nubes de polvo
- Contaminantes
- Incendios forestales
- Volcanes

### **2.3.3.2 Medición de la radiación solar**

Los científicos determinan el volumen de energía solar que se recibe en lugares específicos en diferentes épocas del año, luego lo comparan con la que reciben regiones en la misma latitud con climas similares. Las mediciones de la energía solar se expresan típicamente como radiación total en una superficie horizontal o como radiación total en una superficie que sigue al sol. Los datos de radiación para sistemas solares eléctricos (fotovoltaicos) a menudo se representan como kilovatios-hora por metro cuadrado ( $\text{kWh/m}^2$ ). Las estimaciones directas de la energía solar también se pueden expresar como vatios por metro cuadrado ( $\text{W/m}^2$ ). Los datos de radiación para sistemas

de calentamiento solar de agua y calefacción de espacios generalmente se representan en unidades térmicas británicas por pie cuadrado (Btu/ft<sup>2</sup>). (Wald, 2007)

### **2.3.3.3 Parámetros de la radiación solar**

De la radiación solar podemos extraer dos parámetros que serán de gran relevancia a la hora de entender el potencial energético de la radiación solar. Estos parámetros son (Goswami, 2010):

- Irradiancia: Es la densidad de potencia de radiación solar incidente en una superficie, y se expresa en W/m<sup>2</sup>.
- Irradiación: Es la densidad de energía de radiación solar incidente en una superficie, expresándose en Wh/m<sup>2</sup>.

-Radiación en el sol: 63450720 W/m<sup>2</sup>

-Constante solar 1353 W/m<sup>2</sup>

### **2.3.3.4 Tipos de radiación solar**

En función de cómo inciden los rayos solares en la Tierra se distinguen tres componentes de la radiación solar (Zarzalejo, Polo, & Martín, 2016):

- Radiación directa: a veces también se denomina "radiación de haz" o "radiación de haz directo", se utiliza para describir la radiación solar que es recibida por la superficie terrestre de forma vertical. La radiación directa tiene una dirección definida, todos los rayos viajan en la misma dirección, un objeto puede bloquearlos todos a la vez. Es por eso que las sombras solo se producen cuando la radiación directa está bloqueada.
- Radiación difusa: describe la luz solar que ha sido dispersada por moléculas y partículas en la atmósfera pero que aún ha llegado a la superficie de la tierra.
- Radiación de albedo: Es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

la radiación global está constituida por estas radiaciones hace que será recibida en el sistema fotovoltaico.



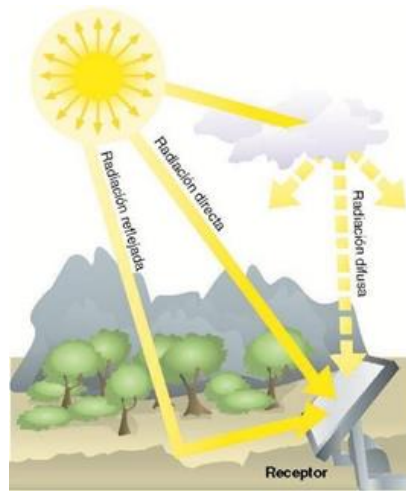


FIGURA 7. ESQUEMA DE LOS TIPOS DE RADIACIÓN QUE CONFORMAN LA RADIACIÓN GLOBAL.  
(Cardenete, 2011)

El Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL) presentó el modelo CRS (Climatological Solar Radiation Model), el cual se basa en información de vapor de agua atmosférico, cantidad de aerosoles, nubosidad, etc. a través del cual se determina sobre una superficie horizontal que corresponde a una celda de 40 km x 40 km la insolación diaria total, cuyos resultados han sido analizados obteniendo un aproximado del 10% en error, obteniendo los mapas de radiación directa, difusa y global en el Ecuador. (CONELEC, 2008)

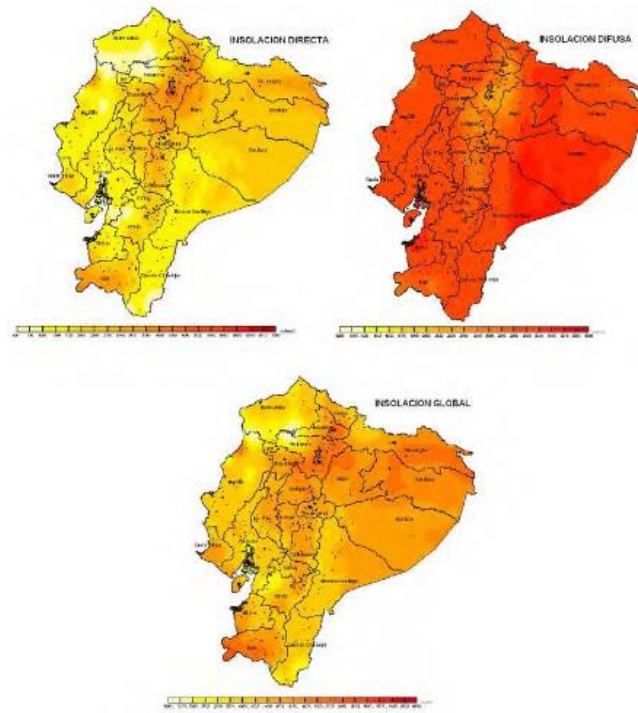


FIGURA 8. INSOLACIÓN EN EL MES DE ENERO: DIRECTA, DIFUSA, GLOBAL (CONELEC, 2008)

### 2.3.4 Efecto Fotoeléctrico

En ciertas condiciones, la luz se puede manipular de forma tal que sea capaz de mover electrones, mediante la liberación de los mismos a partir de un sólido. Este proceso se llama efecto fotoeléctrico (o emisión fotoeléctrica o fotoemisión), se dice que un material que puede exhibir este fenómeno es fotoemisor, y los electrones expulsados se llaman fotoelectrones; pero no hay nada que los distinga de otros electrones. Todos los electrones son idénticos entre sí en masa, carga, giro y momento magnético. (Klassen, 2008)

El efecto fotoeléctrico fue descubierto por Heinrich Hertz en el año 1887, cuando realizó estudios del fenómeno de generación de chispas (el primer dispositivo que podría llamarse radio), el cual podía incrementar su sensibilidad mediante la iluminación con luz ultravioleta, luego J.J. Thomson estableció que el incremento en la sensibilidad se debía al fenómeno generado por la luz sobre los electrones, una partícula que descubrió en 1897. (Orozco, 2016)

Philipp Lenard, un asistente de Hertz, desarrollo los estudios iniciales sobre el efecto fotoeléctrico. Lenard utilizó elementos metálicos limpios que fueron conectados al vacío de forma tal que se logrará la evaluación del fenómeno solo en el metal y que el mismo no pudiera ser contaminado. La muestra de metal se alojó en un tubo de vidrio evacuado con una segunda placa de metal montada en el extremo opuesto. Luego, el tubo se colocó o restringió de alguna manera para que la luz solo brillara en la primera placa de metal, la que estaba hecha de material fotoemisor bajo investigación. Tal tubo se llama fotocélula (formalmente) o ojo eléctrico (informalmente). Lenard conectó su fotocélula a un circuito con una fuente de alimentación variable, voltímetro y microamperímetro como se muestra en el diagrama esquemático en la figura 9, luego iluminó la superficie fotoemisiva con luz de diferentes frecuencias e intensidades. (Orozco, 2016)

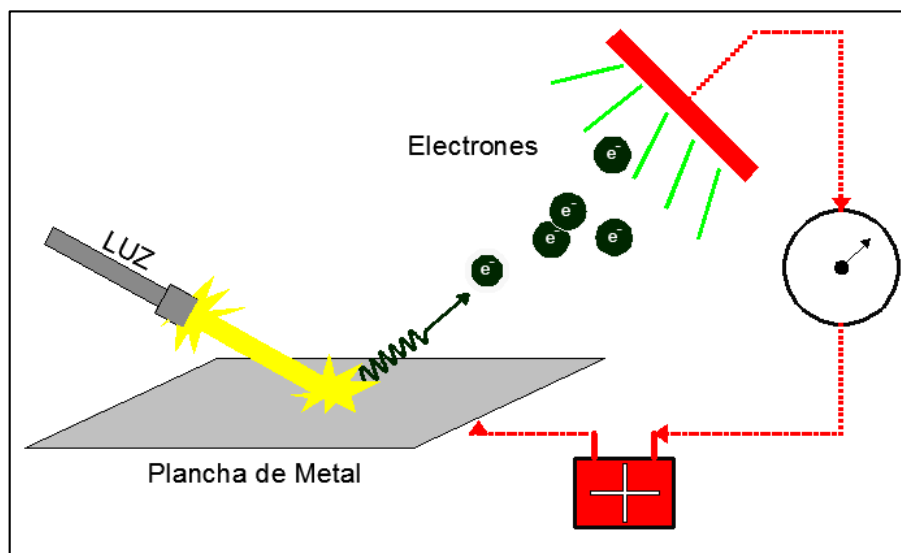


FIGURA 9. ESQUEMA DEL EFECTO FOTOELÉCTRICO.  
(Orozco, 2016)

Las mediciones de radiación solar en un área específica no siempre se encuentran disponibles debido al alto costo y los requerimientos tecnológicos, la falta de datos climáticos es un problema sumamente común en todo el mundo ya sea que no se cuenta con una estación meteorológica cercana o que los datos disponibles presenten muchos valores faltantes o anómalos, es necesario contar con un método que permita estimar la radiación solar. (Víctor Jiménez & Rodríguez, 2017)

En la literatura podemos encontrar una amplia variedad de métodos para estimar radiación solar a nivel horario. Existen modelos empíricos, métodos estadísticos basados en regresión lineal y no lineal y métodos basados en técnicas de inteligencia artificial, muchos de estos métodos modelan la radiación solar a partir de diferentes variables y parámetros disponibles, desde los más simples que utilizan parámetros geográficos (latitud, longitud, altitud, etc.) hasta los más complejos que requieren una o varias variables meteorológicas (temperatura ambiente, nubosidad, humedad, presión atmosférica, heliofanía, etc.), por ejemplo, el método propuesto por Spokas y Forcella, los cuales proponen un modelo para la energía de radiación total que incide en la superficie de la tierra  $G_h$ , que puede descomponerse en dos partes: radiación de haz directo  $G_{Bh}$  y la radiación solar difusa  $G_{Dh}$ , en la cual los parámetros de entrada que requiere este modelo matemático son: hora del día (hr), día del año (doy), presión atmosférica (Pa), humedad relativa (HR) y latitud del sitio ( $\phi$ ). (Víctor Jiménez & Rodríguez, 2017)

#### **2.3.4.1 Tecnología asociada al efecto fotoeléctrico**

Las principales tecnologías asociadas al efecto fotoeléctrico según Rodríguez y Cervantes (2006) son:

- "ojo eléctrico", fotómetro, pista de audio de película
- Fotoconductividad: un aumento en la conductividad eléctrica de un sólido no metálico cuando se expone la radiación electromagnética. El aumento de la conductividad se debe a la adición de electrones libres liberados por colisión con fotones. La velocidad a la que se generan los electrones libres y el tiempo durante el cual permanecen libres determina la cantidad del aumento.
- Fotovoltaica: el electrón expulsado viaja a través del material emisor para entrar en un electrodo sólido en contacto con el fotoemisor (en lugar de viajar a través de un vacío a un ánodo) que conduce a la conversión directa de energía radiante en energía eléctrica
- copia fotostática.

## 2.4. Sistema Fotovoltaico

El sistema fotovoltaico permite la generación de energía mediante un medio renovable, usa como elemento principal el sol, específicamente los rayos solares.

### 2.4.1 Componentes de los sistemas fotovoltaicos

Rodríguez (2004), establece que todo sistema fotovoltaico consta de:

- Un panel fotovoltaico, conformado por celdas solares de silicio, comúnmente, recibe los rayos solares y mediante el efecto fotoeléctrico se logra la conversión directa de la energía proveniente del sol a energía eléctrica continua. El panel entrega un voltaje de 12 VDC, dependiendo de las dimensiones del panel y del clima.

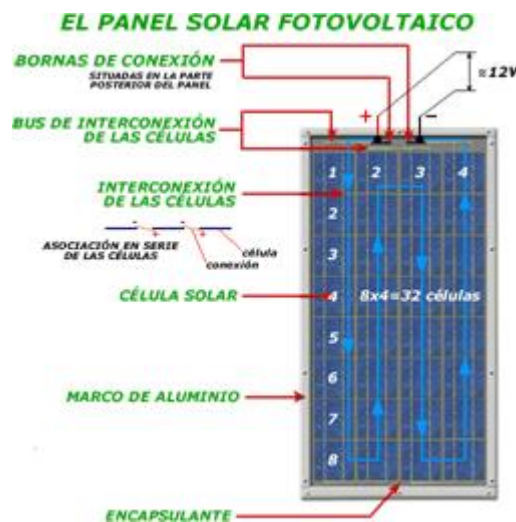


FIGURA 10. ESTRUCTURA DEL PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO.  
(Rodríguez L. , 2004)

- Baterías, funcionan como acumulador de la energía generada, la cual es distribuida a sus cargas cuando la generación es baja o cuando no existe (ausencia del sol).
- Regulador, es un dispositivo electrónico que trabaja en conjunto con las baterías y el panel, permitiendo que una vez estén totalmente cargadas las baterías dirija la energía hacia otro destino, como las cargas. Además, regula las descargas de las baterías.

- Inversor, este dispositivo permite la conversión de Corriente Continua (DC) en Corriente Alterna (AC), permitiendo que cargas que trabajen con AC puedan funcionar sin ningún problema. (Rodríguez L. , 2004)

## **2.4.2 Tipos de sistemas fotovoltaicos**

Mohd y Aziz (2018), establecen que la energía solar fotovoltaica puede configurarse con tres tipologías diferentes en función de las necesidades energéticas y de los recursos disponibles:

- Sistema fotovoltaico aislado
- Sistema conectado a la red
- Sistema híbrido fotovoltaico

### **2.4.2.1 Sistema fotovoltaico aislado (SFA)**

Es un sistema que alimenta ciertas cargas a través de la energía fotovoltaica y que no está conectado a la red eléctrica. Su objetivo principal es el de satisfacer total o parcialmente la demanda de energía eléctrica en lugares donde no ha llegado la red eléctrica. Los SFA tienen una gran aplicabilidad a distintas escalas, desde pequeños sistemas fotovoltaicos que alimentan lámparas, hasta redes capaces de suministrar energía eléctrica para poblaciones completas. Habitualmente cuentan con un sistema de acumulación de energía que les permite funcionar cuando no existe recurso solar, momento en el cual suele haber mayor demanda de energía. (Abella, 2016)

Los componentes que habitualmente conforman un SFA son (Mohd & Aziz, 2018):

- Generador fotovoltaico: es el dispositivo productor de energía eléctrica, este elemento absorbe la energía solar luego la transforma para la obtención de la energía requerida para la operación del sistema.
- Acumulador: Se encarga del almacenamiento de la energía sobrante con el fin de que el sistema tenga la capacidad de utilizarla posteriormente, en aquellos momentos en los que se necesite y no haya recurso.
- Regulador de carga: Gestiona la carga y descarga del acumulador de forma que lo protege para prolongar su vida útil.

- Inversor: es el elemento encargado de convertir la corriente de forma continua a corriente alterna, necesaria para el suministro de los sistemas afiliados al sistema.

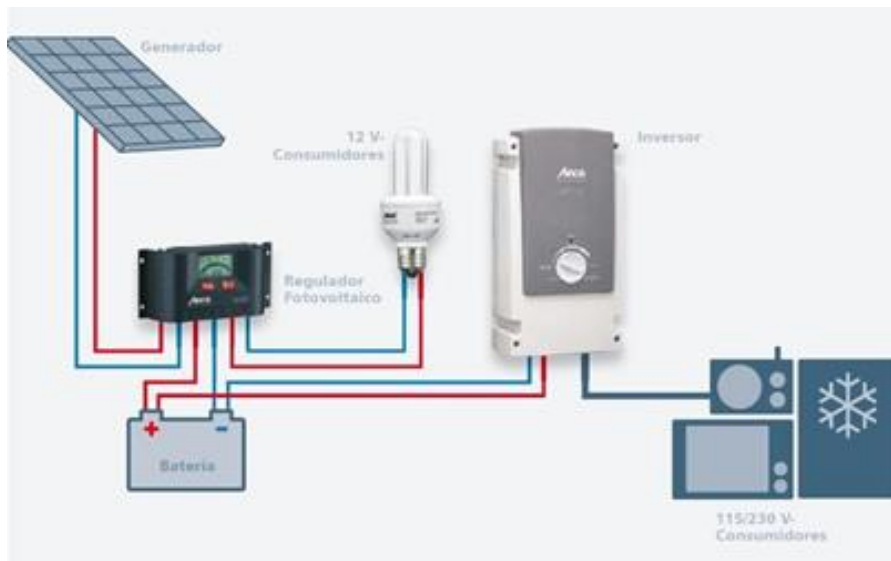


FIGURA 11. ESQUEMA DE UN SFA.  
(Abella, 2016)

#### 2.4.2.2 Sistemas fotovoltaicos conectados a red

Un sistema fotovoltaico conectado a red (SFCR) consiste en una tecnología dual, el cual dispone de un generador de tipo fotovoltaico, además de estar conectado a una red de energía convencional como sistema de reserva. En estos sistemas el inversor realiza la gestión entre las cargas y ambos generadores; el fotovoltaico y la red convencional. De esta forma, permite que el inversor demande energía de la red cuando el generador fotovoltaico no produzca energía suficiente, e incluso que se inyecte energía en la red eléctrica cuando la generación fotovoltaica sea superior al consumo. Por lo general no cuentan con acumulador, hecho que provoca una disminución de los gastos relacionado a la adquisición de equipos. También disponen de elementos para el control de la tensión de la red de distribución, de forma que se certifique una correcta gestión de la energía cuando es necesario. (Mena, Ortiz, & Mesias, 2013)

Los componentes que habitualmente conforman un SFCR son (Santos, Hernández, & Díaz, 2017):

- Módulos fotovoltaicos: tal como el sistema fotovoltaico aislado, es un dispositivo que tiene como finalidad proveer energía eléctrica a través de la transformación de la energía solar.
- Inversor con conexión a red: Como en los SFA tienen como finalidad convertir la energía eléctrica de corriente que generan los módulos fotovoltaicos de continua a alterna para el consumo de las cargas convencionales. Sin embargo, los inversores con conexión a red también se encargan de la gestión entre el sistema y la red eléctrica.
- Contador de energía: Mide la energía inyectada y consumida de la red eléctrica para hacer un balance entre ambas y poder tarifarlas.



FIGURA 12. ESQUEMA DE UN SFCR.  
VISION ENERGY.

### 2.4.2.3 Sistemas híbridos fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos pueden combinarse con otras fuentes de energía, de forma que se complemente el recurso solar con otro disponible. Estos sistemas se aplican generalmente en sistemas fotovoltaicos aislados, de forma que se pueda combinar la carencia del recurso solar con otros recursos disponibles. (Mena, Ortiz, & Mesias, 2013)

La energía solar está limitada a las horas en las que el luce el sol, pese a que los mayores consumos se producen en las horas en las que éste no está presente, este problema suele suplirse gracias a los elementos para almacenar, que permiten acumular la energía que



se recibe durante el día, estos son los dispositivos más críticos de un SFA, debido a su elevado precio, su vida útil y el cuidado que requieren. Por este motivo, en ocasiones compensa dimensionar un acumulador menor y combinar el recurso solar con otro que también se encuentre disponible. (Abella, 2016)

Estas soluciones, cuando hay otros recursos energéticos disponibles, suelen dar fiabilidad al sistema, abaratando notablemente el coste del sistema. Los componentes de estos sistemas son los mismos que los de un SFA, pero con el añadido de otro generador de energía que habitualmente son pequeñas turbinas eólicas, pequeñas turbinas hidroeléctricas o grupos electrógenos a gasolina o diésel. (Abella, 2016)

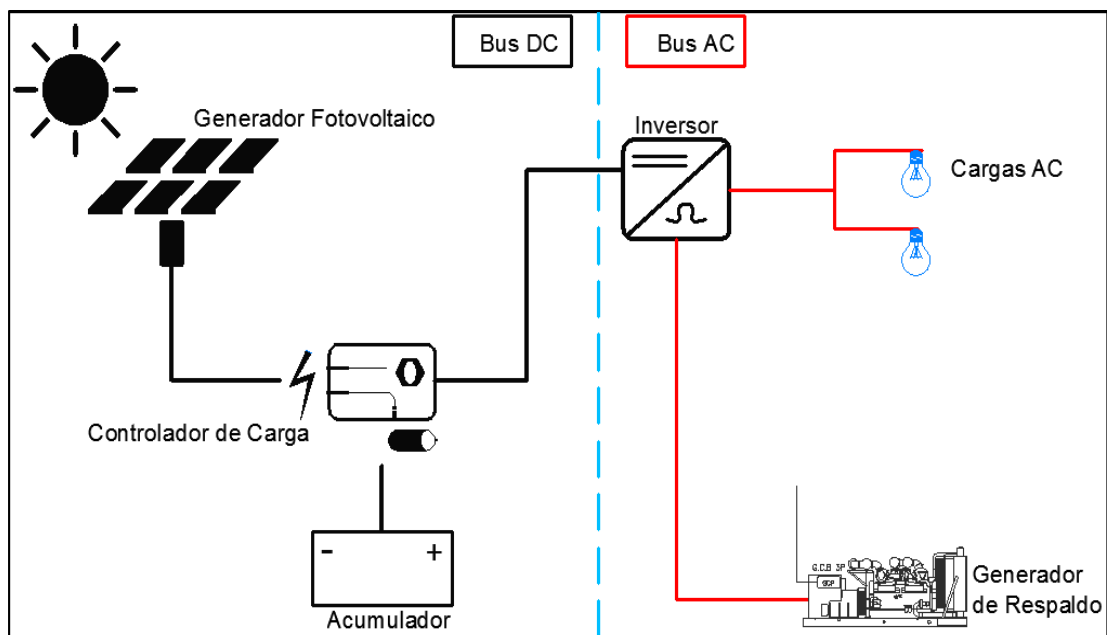


FIGURA 13. SISTEMAS HÍBRIDOS FOTOVOLTAICOS  
(Abella, 2016)

### 2.4.3 Paneles solares fotovoltaicos

Panel solar consiste en un método el cual mediante la utilización de semiconductores se logra la conversión de energía solar (radiación) a energía eléctrica de corriente continua. Cuando el sol golpea el semiconductor que se encuentra ubicado en el interior de la celda fotovoltaica, ocurre una liberación de electrones los cuales son los elementos generadores de la corriente eléctrica. Para el diseño de los sistemas fotovoltaicos generalmente se emplea en un panel (por lo tanto, paneles solares). Los

sistemas fotovoltaicos generalmente son instalados en módulos interconectados, de forma tal que se pueden acoplar varios módulos para formar una matriz, la cual puede reducirse o aumentarse en función de la necesidad eléctrica del sistema diseñado. (Jestin, 2012)

### 2.4.3.1 Componentes de los paneles solares fotovoltaicos

Rodríguez (2004), indica que los principales elementos relacionado a los paneles solares son los siguientes:

- Cubierta frontal: vidrio (más común), resinas termoplásticas
- Encapsulante: es el mecanismo físico de protección de las células solares contra los efectos ambientales / climáticos como la humedad, la lluvia, la radiación ultravioleta (UV), los bajos esfuerzos mecánicos, como la torsión o la flexión, y los impactos de baja energía (granizo, proyectiles, etc.), generalmente fabricado de polímeros (el más común es el etileno y acetato de vinilo, copolímero, EVA)
- Sustrato (lámina posterior): constituido de polímeros fluorados, como los fluorados o el fluoruro de polivinilo (PVF)
- Sello de borde: fabricado con caucho de butilo, silicona, cinta de doble cara;
- Caja de conexiones para conexiones eléctricas: tereftalato de polietileno (PET), ubicado en la parte posterior del módulo;
- Marco: aluminio o plástico.



FIGURA 14. ELEMENTOS DEL PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO. (Rodríguez L. , 2004)

### 2.4.3.2 Características de los paneles solares fotovoltaicos

STC significa "Condiciones de prueba estándar" y son el estándar de la industria para las condiciones bajo las cuales se prueba un panel solar, mediante el uso de un conjunto fijo de condiciones, todos los paneles solares pueden compararse y evaluarse con mayor precisión entre sí. Hay tres condiciones de prueba estándar que son: (Meral, 2010).

1. Temperatura de la celda - 25 ° C. La temperatura de la célula solar en sí, no la temperatura del entorno.
2. Irradiancia solar: 1000 vatios por metro cuadrado. Este valor determina la cantidad de energía luminosa que recibe un área determinada en un momento dado.
3. Masa del aire - 1.5. Este número es algo engañoso, se define como la cantidad de luz que tiene que pasar a través de la atmósfera de la Tierra antes de que pueda tocar la superficie de la Tierra, y tiene que ver principalmente con el ángulo del sol en relación con un punto de referencia en la tierra. Este número se minimiza cuando el sol está directamente arriba, ya que la luz tiene que viajar una distancia mínima hacia abajo, y aumenta a medida que el sol se aleja del punto de referencia y tiene que ir en ángulo para alcanzar el mismo punto.

#### Curva I-V

A través de las gráficas I-V diseñadas para las células solares, se puede determinar el funcionamiento del módulo, dado que las mismas muestran el comportamiento de la temperatura y la irradiancia la relación y su efecto sobre el voltaje y la corriente. A partir de estas graficas se configura el panel solar con el fin de que la misma trabaje de forma óptima en su punto de potencia pico (MPP).

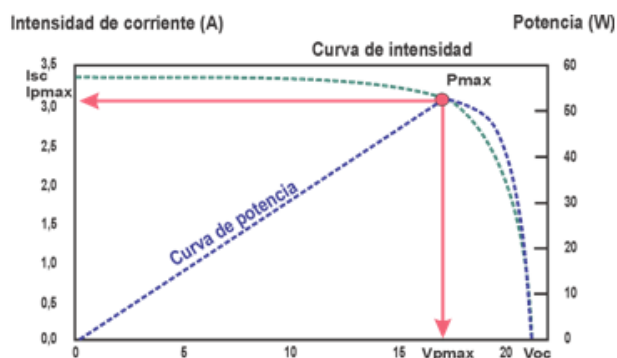


FIGURA 15. CURVA I-V DE UN MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO.  
(García, 2013)

La curva I-V proporciona información importante sobre el rendimiento de los módulos fotovoltaicos, como el voltaje de circuito abierto, la corriente de cortocircuito, la potencia nominal máxima, la corriente máxima, el voltaje máximo y la eficiencia del módulo fotovoltaico o solar.

La temperatura y la irradiación excesiva son dos factores que pueden aumentar el voltaje y modificar el punto de potencia pico (MPP) en el sistema fotovoltaico, la sobre-irradiación significa que la intensidad de la radiación solar en un momento determinado excedió el valor de los 1000 vatios/m<sup>2</sup>. (García, 2013)

### Efectos de la irradiancia

Meral (2010) establece que la irradiación excesiva puede ocurrir de varias maneras:

- Reducción de la masa de aire, este fenómeno ocurre generalmente a grandes altitudes, y es consecuencia de un volumen de aire menor, lo que trae como consecuencia que hay un paso de luz más limpio.
- Efecto de borde de nube. La irradiancia solar generalmente reduce su intensidad por las sombras de las nubes, cuando esto no sucede, el resultado es un incremento en el voltaje de salida del módulo.
- Reflejo de luz solar ambiental. El voltaje se puede ver afectado por el reflejo de la luz solar sobre cuerpos brillantes como agua o nieve, generando un aumento de la intensidad solar sobre el panel.

El módulo variará su curva en función a la irradiancia que reciba. Las distintas curvas I-V de los módulos suelen venir indicadas en las hojas de características, de forma que pueden consultarse para conocer la respuesta del mismo. (García, 2013)

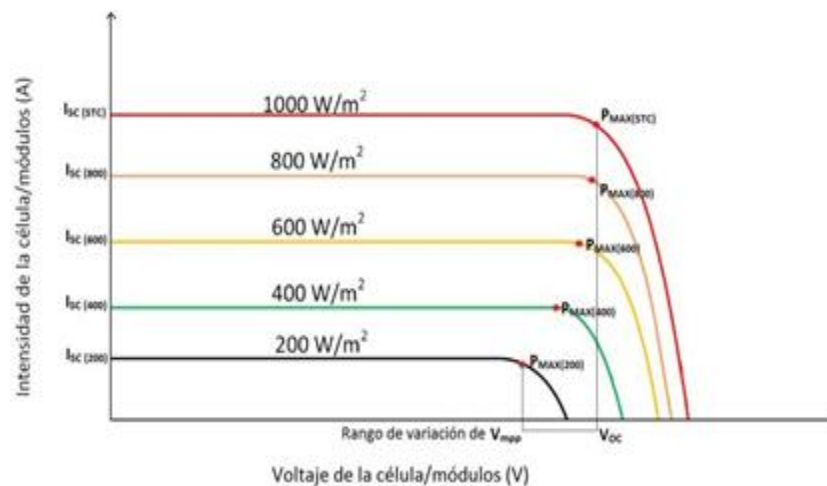


FIGURA 16. CURVAS I-V DE MÓDULO FOTOVOLTAICO EN FUNCIÓN DE LA IRRADIANCIA. (García, 2013)

### Efectos de la temperatura

El papel importante de la temperatura de funcionamiento en relación con la eficiencia eléctrica de un dispositivo fotovoltaico (PV), está bien establecido y son función de variables climáticas como la temperatura ambiente, la velocidad del viento local y la irradiación de la radiación solar, así como, propiedades dependientes del material y del sistema. (Cepeda & Sierra, 2017)

La relación entre la temperatura y la tasa de generación de protones es directamente proporcional, por lo que la corriente de saturación inversa aumenta, el voltaje de la celda se reduce en un aumento de temperatura de 2.2mV por grado. La temperatura actúa como un factor negativo que afecta el rendimiento de la celda solar. Por lo tanto, las celdas solares dan su pleno rendimiento en días fríos y soleados, en lugar de clima cálido y soleado. No obstante, los paneles solares que están hechos de células sin silicio, no se ven afectados por este factor, dado que no son sensibles a la temperatura. (Cepeda & Sierra, 2017)

La temperatura es uno de los factores de pérdidas principales de un módulo fotovoltaico. Como nos muestra la figura al aumentar la temperatura aumenta ligeramente la corriente y disminuye la tensión, provocando una pérdida de potencia.

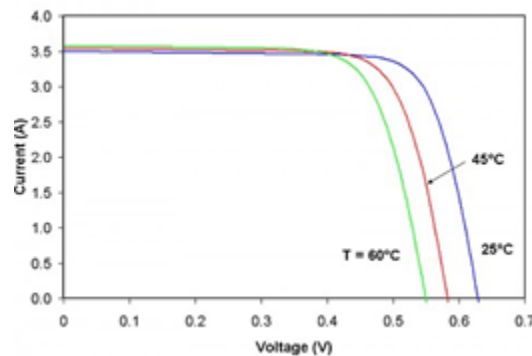


FIGURA 17. EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA CURVA I-V DE UN MÓDULO FOTOVOLTAICO.  
(García, 2013)

### 2.4.3.3 Tipos de paneles solares

González, Montserrat y Varela (2015), establecen que existen tres tipos de paneles solares que están ampliamente disponibles para su uso en sistemas fotovoltaicos, (1) monocristalinos, (2) policristalinos y (3) de película delgada amorfa. Cada tipo de panel tiene sus ventajas y desventajas. Las principales diferencias entre estos tipos de paneles son su costo y eficiencia.

- Paneles solares monocristalinos: tienen una estructura cristalina uniforme en todo el panel, y pueden estar hechos de una variedad de materiales como silicio amorfo, arseniuro de galio, germanio, telurio de cadmio, seleniuro de cobre, indio, galio y polímeros orgánicos, tienen las clasificaciones de eficiencia más altas hasta la fecha y funcionan mejor que otros tipos de paneles en condiciones de poca luz. La eficiencia también disminuye más lentamente con el tiempo, se producen a partir de lingotes de silicio y su fabricación es costosa. Estos paneles tienen el costo inicial más alto; sin embargo, el ahorro de energía con el tiempo puede hacer que el costo valga la pena.
- Paneles solares policristalinos: tienen un color azul moteado único que varía en tono con diferentes áreas del panel, el silicio utilizado en estos paneles no es homogéneo; lo que significa que la estructura cristalina puede ser diferente en varias áreas del panel. Como resultado, son menos eficientes que los paneles

solares monocristalinos, además son menos eficientes a su temperatura de funcionamiento debido a su mayor coeficiente de temperatura. Debido a la eficiencia de conversión de energía reducida, se requiere un mayor número de paneles para generar la energía especificada, no obstante, son menos costosos debido a la falta de homogeneidad de las células.

- Paneles solares amorfos de película delgada: son menos eficientes que los paneles solares monocristalinos o policristalinos y tienen una vida útil más corta. Sin embargo, sus costos son mucho más bajos debido a los métodos de fabricación simples en comparación con los paneles solares cristalinos, también se pueden hacer flexibles, mientras que los paneles solares cristalinos son mucho más frágiles y se agrietarán si se doblan. Debido a que los paneles de película delgada son menos eficientes, no se recomienda su uso en sistemas fotovoltaicos residenciales. Un usuario necesitaría más paneles de película delgada que paneles solares cristalinos (y, por lo tanto, más espacio) para generar una cantidad específica de electricidad. Por esta razón, los paneles solares de película delgada son utilizados con mayor frecuencia por las empresas de servicios públicos que por los clientes residenciales.

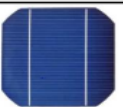
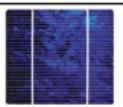
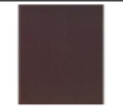
CÉLULA		EFICIENCIA EN LABORATORIO	EFICIENCIA DIRECTA
	Mono-cristalina	24%	14-17 %
	Poli-cristalina	19-20%	11-14%
	De película delgada (amorfas)	16%	<10%

FIGURA 18. TIPOS DE PANELES SOLARES Y SUS EFICIENCIAS.  
(Cepeda & Sierra, 2017)

## 2.5. Aspectos Económicos Financieros.

A través del presente proyecto, se espera influir en el desarrollo de nuevos modelos técnicos relacionados a la generación de energía solar en forma distribuida, y diseñar un sistema de beneficios económicos e incentivos financieros que estimulen el interés

de inversionistas en este tipo de tecnología, a través de proyectos que permitan una recuperación económica en plazos razonables.

En la mayoría de los países en los que se ha desarrollado este tipo de proyectos, tales como Alemania, España, Italia y Japón, el sistema de incentivos económicos implementado corresponde a la aplicación de una tarifa diferencial llamada por sus términos en inglés FIT ("Feed In Tariff"). En algunos casos, la tarifa depende del tamaño y tipo de sistema implementado, priorizando aquellos proyectos en los cuales se ha instalado el sistema en el techo y cuando alimentan a edificios, de igual forma, algunos países han implementado un proyecto para la reducción gradual de las tarifas en función del tiempo de operatividad del sistema. En consecuencia, se ha observado un crecimiento exponencial del mercado, no obstante, como cualquier proyecto se han presentado inconvenientes que han perjudicado a algunas industrias; este suceso ha ocurrido con mayor frecuencia en España e Italia (Durán, Alvarez, Eyra, & Parisi, 2014)

### 2.5.1 Contexto energético ecuatoriano

Ecuador es un país que tradicionalmente ha empleado el recurso hídrico y la quema de combustibles fósiles, principalmente el petróleo, para la generación energética. No obstante, las limitaciones del recurso hídrico, tanto por su disponibilidad como por su estacionalidad, unido a las nuevas agendas climáticas, exigen la diversificación de la misma. Por otro lado, la no autosuficiencia energética del país exige, si aspira a tener una soberanía energética, empezar a emplear recursos disponibles en el país de origen renovable.

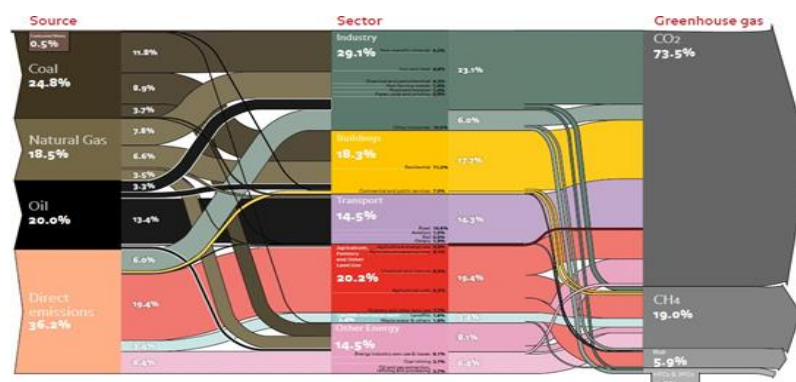


FIGURA 19. FLUJOGRAMA DE LAS EMISIONES MUNDIALES DE GEI. (Ecofys, 2014)



El Balance Nacional de Energía, (figura 18) muestra una participación del petróleo crudo superior al 90%, seguido del gas natural y la energía hídrica con participaciones del 4.45% y el 3.13% respectivamente. El excesivo uso del petróleo relega a las renovables no convencionales, entre las que se encuentra la energía solar, a un papel anecdótico en el panorama energético nacional. Sí puede observarse como la matriz la generación eléctrica tiene una gran participación de hidro y gas, así como que toda la generación solar y eólica se destina a generación eléctrica. ( Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos del Ecuador, 2014)

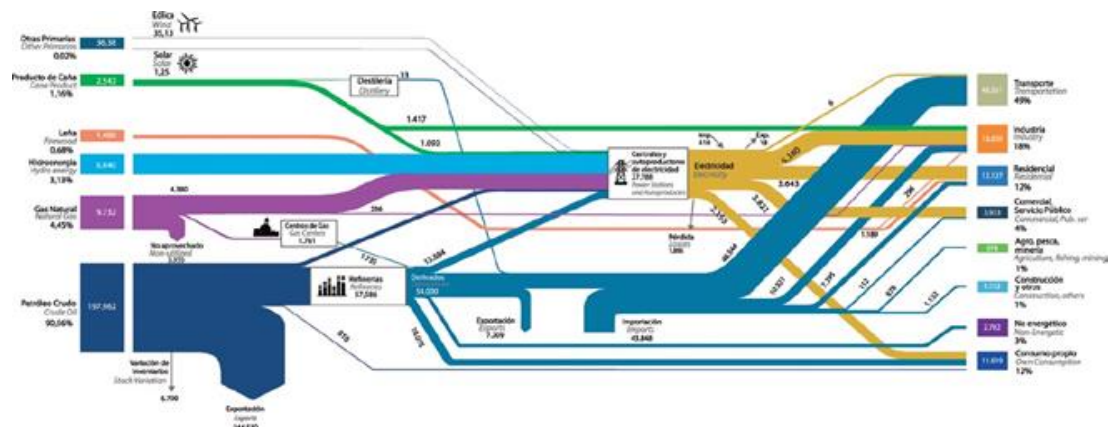


FIGURA 20. BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA DE ECUADOR ( Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos del Ecuador, 2014)

Pese a la abundante disponibilidad de petróleo en el país, su carácter finito unido a la disponibilidad del recurso renovable, justifican la modificación en la forma de generación eléctrica en el país. El desarrollo económico, sumado a la migración rural y la extensión de redes, ha favorecido que la demanda energética de Ecuador se haya elevado en los últimos años, pasando de 9000 GWh en el año 2003 a más de 16000 GWh en el año 2012. Es un incremento considerable, similar al experimentado por otros países de la región como Perú. (CONELEC, 2013)

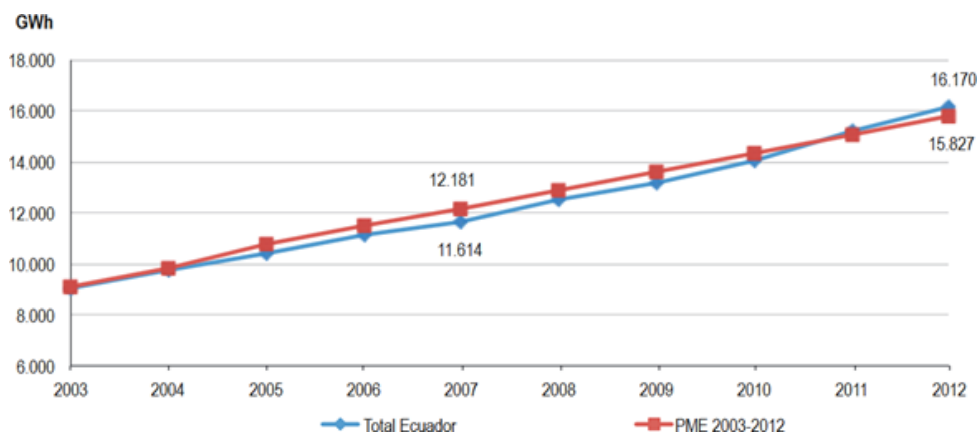


FIGURA 21. DEMANDA ENERGETICA PROYECTADA FRENTE A DEMANDA REAL ENTRE LOS AÑOS 2003 Y 2012. (CONELEC, 2013)

Más allá de resolver este aumento en la demanda mediante el desarrollo de nuevas fuentes o alternativas para la generación de energía y el aprovechamiento de otros recursos energéticos, la solución aplicada ha sido la exportación de energía eléctrica de otros países vecinos. En función de lo indicado, Ecuador durante el año 2011, exportaba aproximadamente un 12% del gasto interno de energía eléctrica.

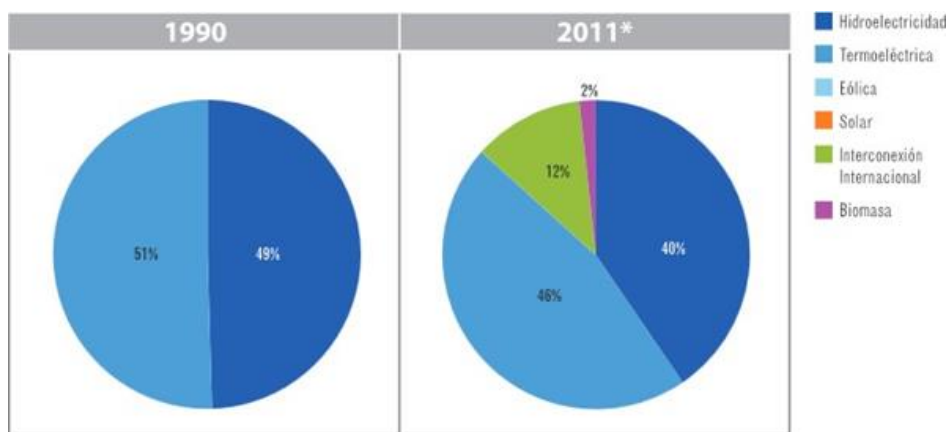


FIGURA 22. CAPACIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA INSTALADA EN ECUADOR POR TIPO DE FUENTE. (OLADE, 2017)

El recurso solar es abundante en Ecuador, y supone una oportunidad para diversificar y fortalecer la matriz eléctrica del país. El abundante recurso no sólo podrá aprovecharse mediante grandes plantas de generación, sino que podrá aprovecharse mediante un reglamento de generación distribuida que permita a cada usuario generar

su propia energía, reduciendo las pérdidas por distribución y fortaleciendo la generación mediante su diseminación. (CONELEC, 2008)

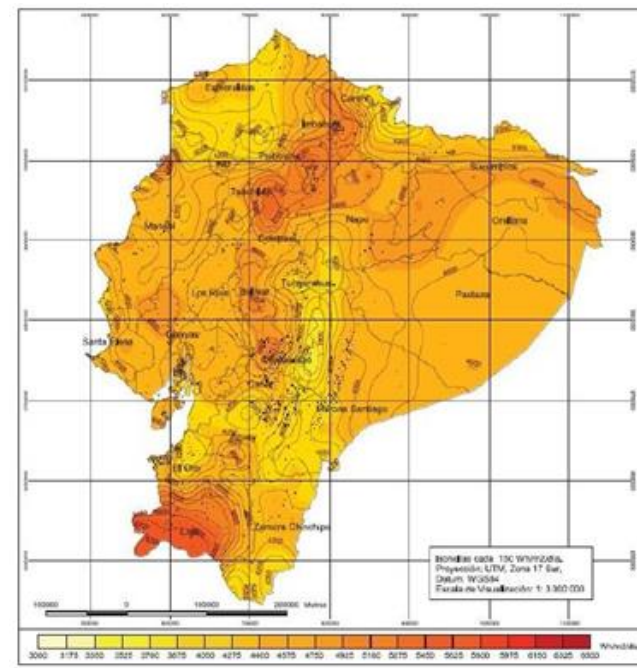


FIGURA 23. ATLAS SOLAR DEL ECUADOR  
(CONELEC, 2008)

## CAPÍTULO 3

### 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

En función de las ventajas y características técnicas de los diferentes sistemas fotovoltaicos, en el presente proyecto se seleccionó el sistema fotovoltaico aislado (SFA) principalmente debido a su capacidad autosuficiente y autonomía, además este tipo de sistema diseñado de forma precisa permite un equilibrio entre la seguridad del suministro energético y los costos de los equipos.

En el diseño de un SFA se debe ser conservador a la hora de dimensionar todos los componentes, de forma que se garantice siempre un suministro energético en función de la demanda. Por este motivo, en su diseño suelen aplicarse factores de seguridad que garanticen que el sistema no tendrá carencias en el recurso energético.

Para iniciar el diseño del sistema fotovoltaico, en primer lugar se realizó una visita al sitio donde será instalado para realizar un relevamiento de la información requerida para desarrollar el estudio energético, en el cual se determinó la ubicación de los elementos y equipos que forman parte del sistema, indicando que los generadores fotovoltaicos o paneles solares serán ubicados sobre el techado del aula número 4 y 5 lugar óptimo para que el sistema aproveche el 100% de la radiación solar, debido a que es área totalmente despejada.

Posteriormente, se verifica ubicación idónea para colocar el banco de baterías, se recomienda que debe ser un lugar fresco y seco para evitar recalentamiento de los acumuladores y la manipulación de personas, por lo cual se selecciona una bodega detrás del perímetro del aula número 3 ideal para la implementación de nuestros acumuladores, inversores, reguladores de carga y breaker de protección principal del sistema.

Se evaluó la opción de reutilizar el circuito eléctrico de iluminación de aulas, no obstante, como resultado de análisis e inspecciones previas se detectó que los mismos no se encuentran en buenas condiciones, se observó recalentamiento de los cables y mal estado, por lo cual se procede a realizar una nueva instalación de conductores

independizando el circuito principal de iluminación el cual solo será alimentado por los generadores fotovoltaicos. Dicha labor se ejecutó como primera fase del proyecto implementando 2 circuitos eléctricos de característica 1 polo 20 A con cable conductor concéntrico número 2x12 (tres hilos para fase y retorno calibre 12).

El primer circuito alimenta tubos leds de 18w los cuales están distribuidos en aula 1, 2 y 3, rectorado, bodega, garita, y aula 10; el segundo circuito alimenta los tubos leds los cuales están distribuidos en las aulas 4, 5, 6, 7, 8 y 9. En la figura 24, se muestra la distribución de las luminarias en las aulas.

,

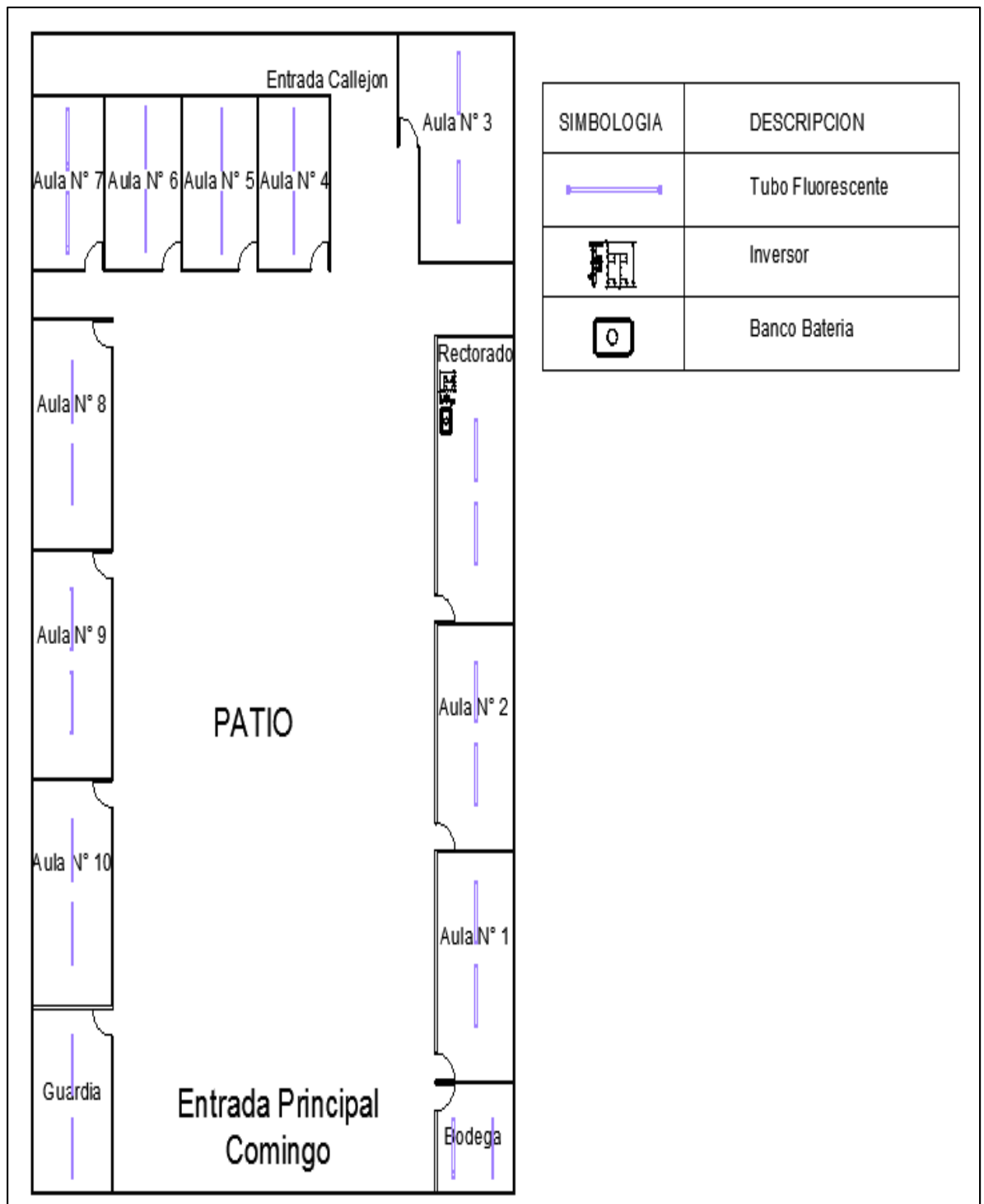


FIGURA 24. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LAS AULAS EN LA ESCUELA DR. FRANCISCO FALQUÉZ AMPUERO”

### 3.1. Diseño de sistema fotovoltaico aislado

#### 3.1.1 Características del recurso solar

Para un correcto diseño de un SFA, es necesario conocer la cantidad de radiación solar que recibirá el generador fotovoltaico, de forma que pueda dimensionarse en base al recurso disponible. Existen diversas instituciones con información sobre radiación solar, ya sean atlas solares como bases de datos de agencias meteorológicas nacionales o de la misma NASA, la información que sustentan el proyecto se tomará como base de datos la información proporcionada por el portal de la NASA a través de la siguiente página web: (<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>).

A partir de las coordenadas geográficas de la escuela Dr. Francisco Falquez Ampuero” es posible obtener la información sobre la radiación solar media diaria y mensual del lugar en el plano horizontal y a partir de ahí se debe encontrar el ángulo óptimo para el aprovechamiento máximo de la radiación.

El ángulo óptimo se calcula a partir de las fórmulas trigonométricas, no obstante, existen diversas tablas que facilitan los cálculos para la identificación del ángulo óptimo de los paneles. Para el presente proyecto se determinó las siguientes coordenadas para la latitud: -2.219, y la longitud: -79.89, a partir de esta información se determinó que la radiación media mensual a lo largo del año será la siguiente:

TABLA 2. RADIACIÓN MEDIA MENSUAL SOBRE EL PLANO HORIZONTAL (kWh/m<sup>2</sup>/día)

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media anual
4.49	4.59	5.04	4.91	4.51	4.18	4.01	4.50	4.74	4.51	4.72	4.71	4.57

Fuente: (NASA, 2019)

### 3.1.2 Diseño del sistema Fotovoltaico

Para el diseño del sistema fotovoltaico se requiere en primer lugar, localizar el punto de implementación mediante las coordenadas geográficas exactas de la escuela “Dr. Francisco Falquez Ampuero”.

Las coordenadas geográficas, son un sistema a partir del cual se referencia un sitio puntual de la tierra, en específico corresponde al sitio en el que implementará el sistema fotovoltaico, y para ello se identifica el área a través de dos coordenadas angulares de latitud específica (norte y sur); longitud (este u oeste) que permite ubicar los ángulos laterales de la tierra en relación con su centro y referenciadas en base a su eje de rotación, a partir de la aplicación “Google Map” se determinaron las coordenadas exactas de la ubicación de la escuela , obteniendo la latitud: -2.219 y longitud: -79.89. Para esta latitud la radiación media mensual a lo largo del año será la siguiente:

Cálculos

Coordenadas

Latitud: -2.219

Longitud:-79.89

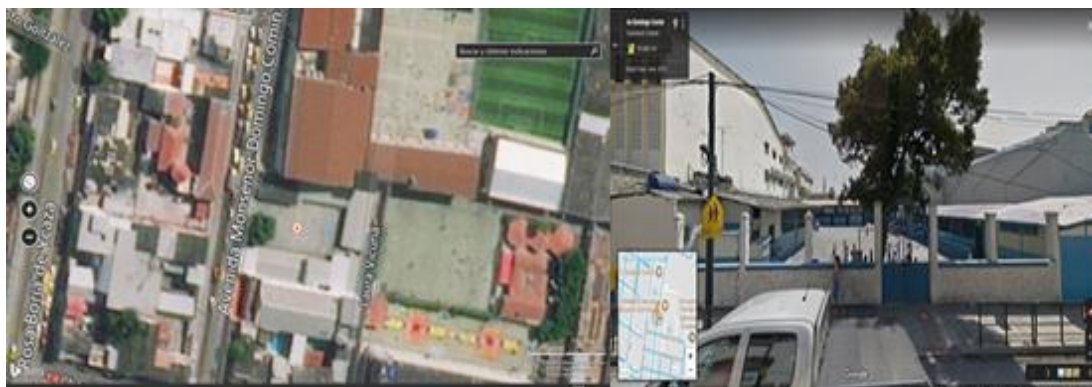


FIGURA 25. UBICACIÓN DE LA ESCUELA “DR. FRANCISCO FALQUÉZ AMPUERO”.

Según se observa el mes de julio es el mes con menor radiación, sin embargo, debido a la ubicación geográfica del país, la radiación recibida en el Ecuador es bastante homogénea a lo largo del año. Es importante destacar que los datos tomados por satélite no son el reflejo de la radiación sobre la superficie terrestre, en donde se ubicarán los módulos del sistema, por lo que se debe considerar un pequeño error en los datos. En



la medida de lo posible, es preferible emplear datos tomados in situ, pero si no se dispone de ellos las medidas satelitales son las referencias más accesibles y fiables.

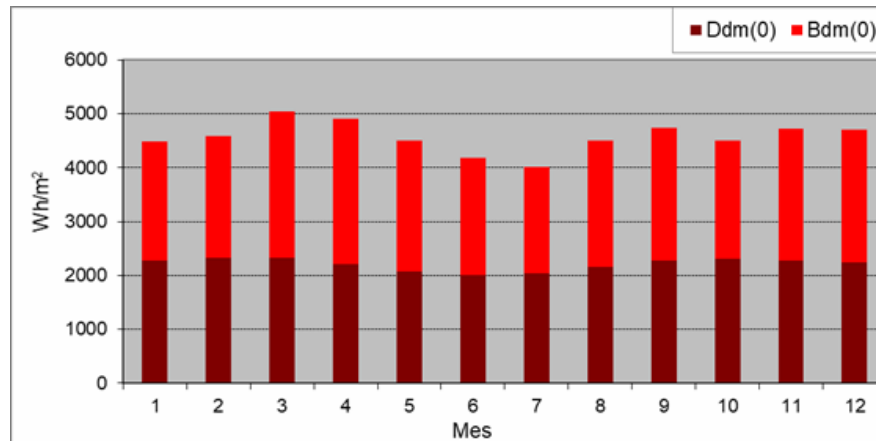


FIGURA 26. RADIACIÓN EN EL PLANO HORIZONTAL.

Desviación respecto al ecuador ( $\alpha$ ):  $0^\circ$

Coefficiente de reflexión del suelo ( $\rho$ ): 0.2

Angulo de inclinación ( $\beta$ ):

( $\beta$ ):  $15^\circ$

( $\beta$ ):  $20^\circ$

( $\beta$ ):  $25^\circ$

### Cálculos

Coordenadas

- Latitud: -2.219
- Longitud: -79.89

Luminarias

	unidad	watt	total, watt	horas de consumo	energía
Tubos leds	24	18	432	8	3456 w/h

## **Baterías**

Voltaje: 24v

### **Profundidad de descarga**

Carga: 60%

Descarga: 40%

Factor de seguridad: 2

Cb útil: capacidad de batería útil

$$Cb\ util = 3456 \times 2 = 6912\ w/h$$

$$Cb\ util = \frac{6912w/h}{24v} = 288A.h$$

$$Cb\ util = \frac{288w.h}{0,6} = 480\ A.h$$

**Necesidad: 2 baterías de 24v de 250 A en paralelo.**

Paneles

Facto de seguridad: 1,05

Factor de perdidas: 80%

Consumo diario: 3456w/h

Irradiancia en condiciones estándar de medida: 1000 W/m<sup>2</sup>

Nms: número de módulos en serie

Nmp: número de módulos en paralelo

$$Pg = \frac{1,05 \times 3456}{3456/1000} = 1040w \text{ sin } perdidas$$

$$Pg = \frac{1040w}{0,80} = 1300w \text{ considerando } perdidas$$

**Necesidad: 7 paneles de 200 w.**

## CAPITULO 4

### 4.1. Modelación en el Software Homer Pro

El software computacional Homer Pro es un programa que sirve para el diseño y simulación de sistemas aislados o interconectados a la red. Para el caso de estudio se considera un sistema aislado sin conexión a la red pública eléctrica.

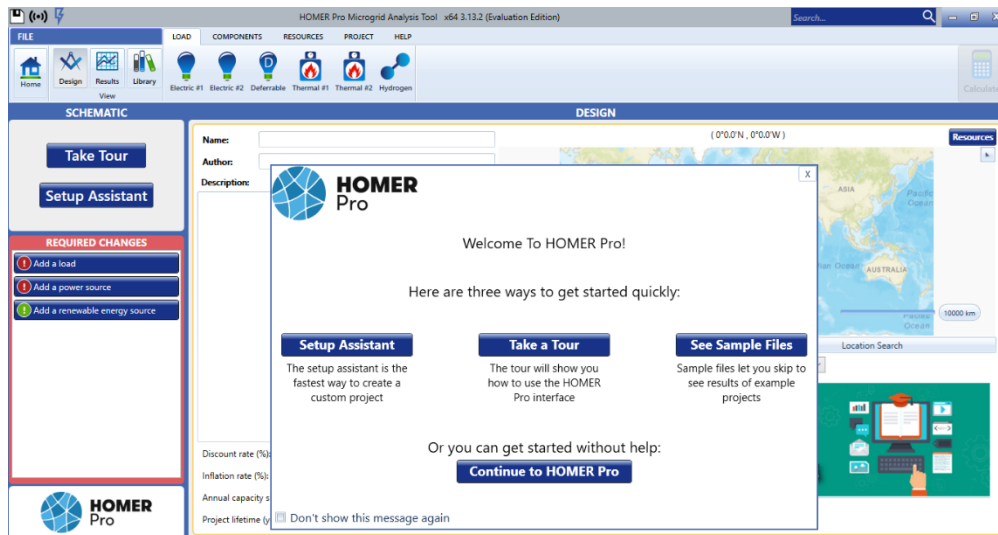


FIGURA 27. PANTALLA INICIAL DEL SOFTWARE HOMER PRO.

Para iniciar con el proyecto es necesario introducir la información del proyecto a ejecutarse, es decir; el nombre del proyecto, el nombre del autor o autores, una breve descripción de proyecto a realizarse y finalmente la ubicación física del proyecto, cuyas coordenadas pueden ser conseguidas a través de “Google Maps”.

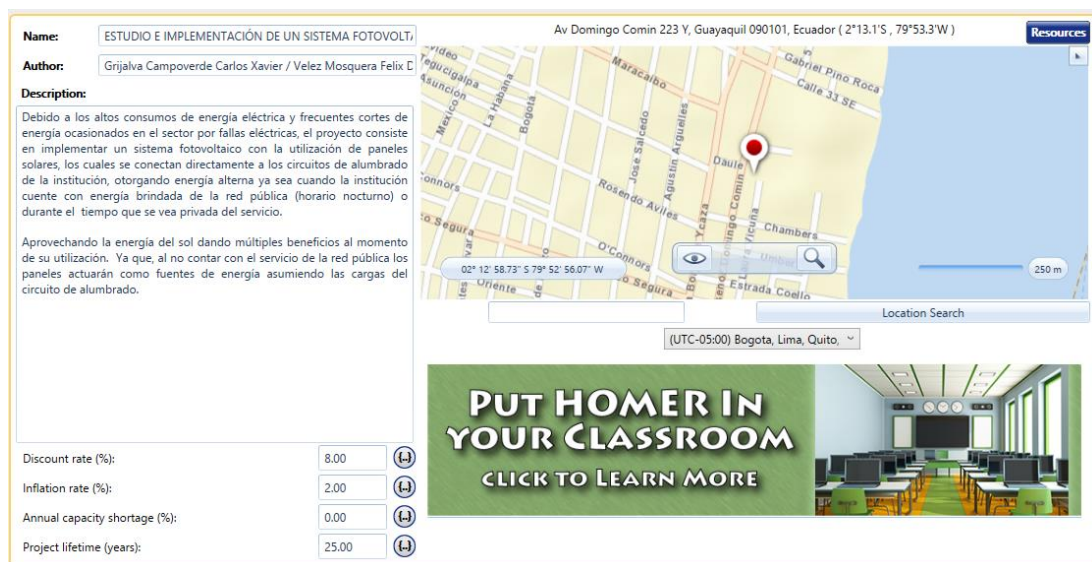


FIGURA 28. NOMBRE Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EN HOMER PRO.

Para realizar la modelación de los distintos componentes del sistema en análisis nos desplegamos hacia la barra principal de trabajo que ofrece el programa computacional, donde se podrá encontrar las pestañas con las siguientes opciones: “LOAD” para la modelación de cargas. “COMPONENTS” donde se encuentran elementos de diseño y modelación como paneles solares, baterías, inversores, generadores, etc.

En la pestaña “RESOURCES” se encuentra disponible los íconos para introducir información de radiación solar, velocidad del viento, temperatura, etc. Finalmente se encuentra la pestaña “PROJECT” para ejecutar simulaciones dentro de la interfaz del programa.

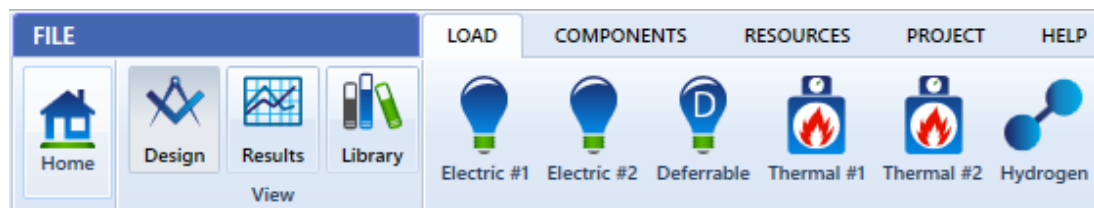


FIGURA 29. BARRA PARA LA MODELACIÓN DE CARGAS EN HOMER PRO.

Una vez conocidas las herramientas de trabajo que proporciona el programa, se elige la opción “LOAD” donde se desplegará el siguiente módulo.

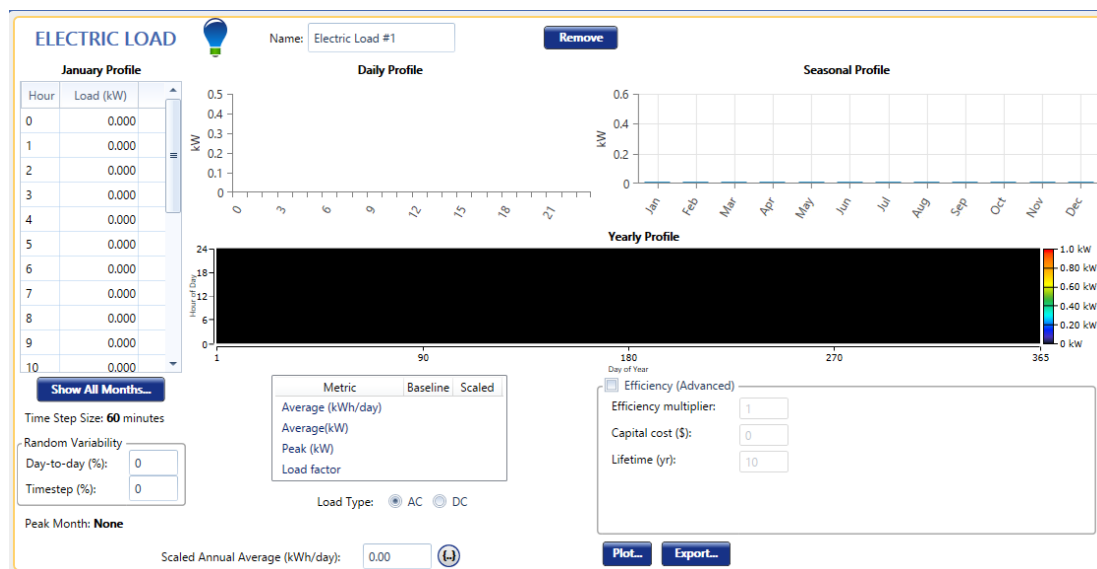


FIGURA 30. MÓDULO PARA INTRODUCIR INFORMACIÓN DE LA CARGA ELÉCTRICA.

Para la modelación de la carga, es necesario considerar la información solicitada de potencia consumida por los circuitos de iluminación; debido a que el módulo “LOAD” requiere la información de demanda total de la carga por horas para los distintos meses del año.

Yearly Load Data

Weekdays	Weekends											
Hour	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
0	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097
1	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097
2	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097
3	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097
4	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097
5	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097
6	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097
7	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324
8	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648
9	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648
10	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648
11	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648
12	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648
13	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648
14	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648
15	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648
16	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648	0.648
17	0.518	0.518	0.518	0.518	0.518	0.518	0.518	0.518	0.518	0.518	0.518	0.518
18	0.421	0.421	0.421	0.421	0.421	0.421	0.421	0.421	0.421	0.421	0.421	0.421
19	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324
20	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097
21	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097
22	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097
23	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097

Copy changes to right  Copy changes to weekend

FIGURA 31. TABLA DE DEMANDA DE LA CARGA POR HORAS Y POR MES.

Para poder introducir la información correctamente se debe acceder en la opción “Show all months” mostrado en el módulo de carga eléctrica, donde es posible introducir la información para el caso de estudio. Una vez finiquitado este paso el programa permite introducir variabilidad a la información de la tabla de información, de tal manera que modifique la información de manera realista con respecto al caso real.

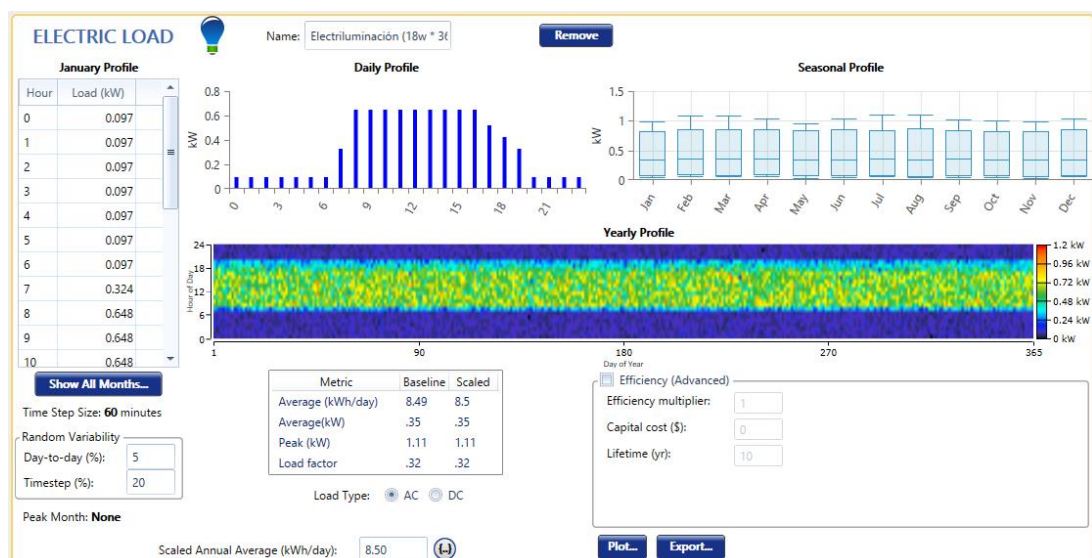


FIGURA 32. CARGA DE ILUMINACIÓN MODELADA.

En la pestaña “COMPONENTS” se encuentra disponible los elementos necesarios para desarrollar el caso de estudio. En este caso nos dirigimos a los elementos panel solar, almacenamiento y convertidor.

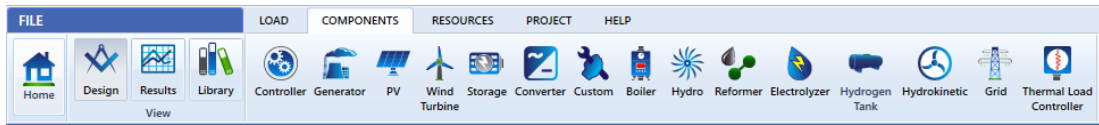


FIGURA 33. BARRA PARA LA MODELACIÓN DE COMPONENTES EN HOMER PRO.

El módulo de panel solar dispone de información de la capacidad en kW, los costos de capital, reemplazo, además; del costo de operación y mantenimiento por año. Adicionalmente se ha idealizado un tiempo de vida de 25 años para los paneles solares.

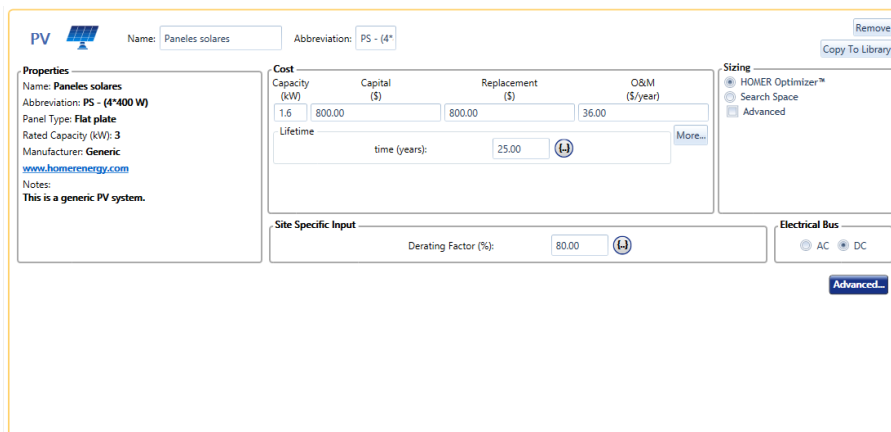


FIGURA 34. MÓDULO DE DATOS DE LOS PANELES SOLARES.

El elemento de almacenamiento requiere dentro de sus especificaciones para este módulo la cantidad de elementos a conectarse, el capital, costo de reemplazo y un rubro por operación y mantenimiento.

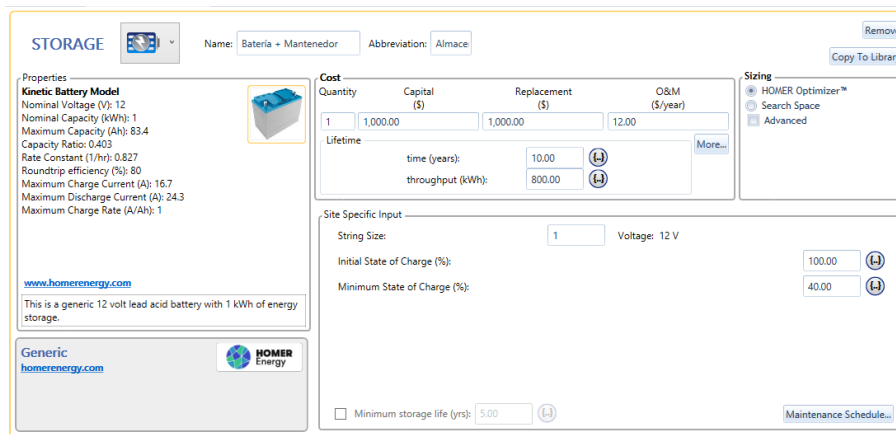


FIGURA 35. MÓDULO DE DATOS DE LA BATERIA.

El convertidor requiere dentro de la especificación en este módulo la capacidad en kW, el capital, costo de reemplazo y un rubro referencial por operación y mantenimiento.

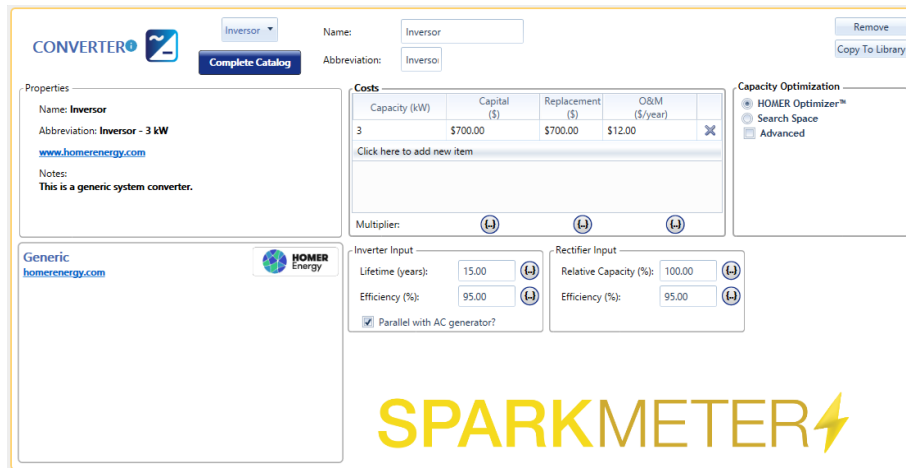


FIGURA 36. MÓDULO DE DATOS DEL INVERSOR.

A continuación es preciso desplazarse a la pestaña “Resources” que contiene la opción “Solar GHI” la cual permite introducir la información de radiación media mensual sobre el plano horizontal (kWh/m<sup>2</sup>/día) para el caso particular de estudio.

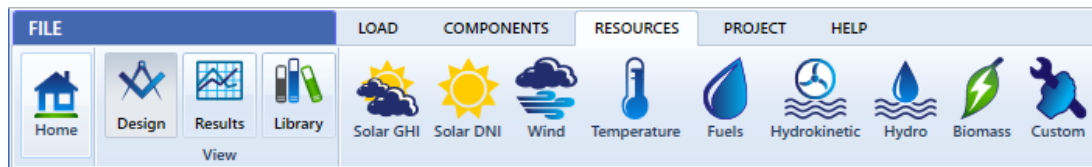


FIGURA 37. BARRA PARA LA MODELACIÓN DE RECURSOS EN HOMER PRO.

Esta información ha sido obtenida a partir de la TABLA 2, que ha sido enunciada anteriormente en la subsección 3.1.1.

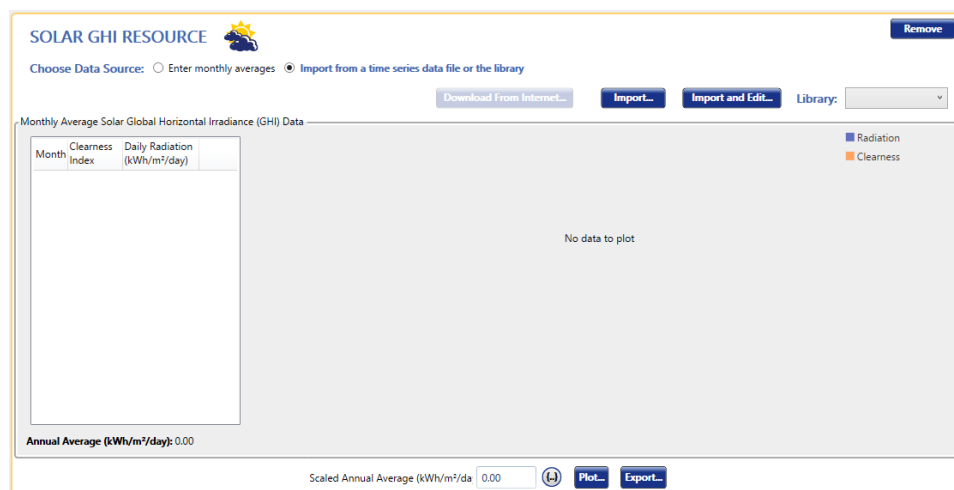


FIGURA 38. MÓDULO DE RADIACIÓN MEDIA MENSUAL SOBRE EL PLANO HORIZONTAL.



Mientras se introduce la información de la radiación media mensual sobre el plano horizontal, el programa despliega gráficas de barras mostrando la magnitud de cada valor ingresado con respecto a los valores ingresados para los otros meses.

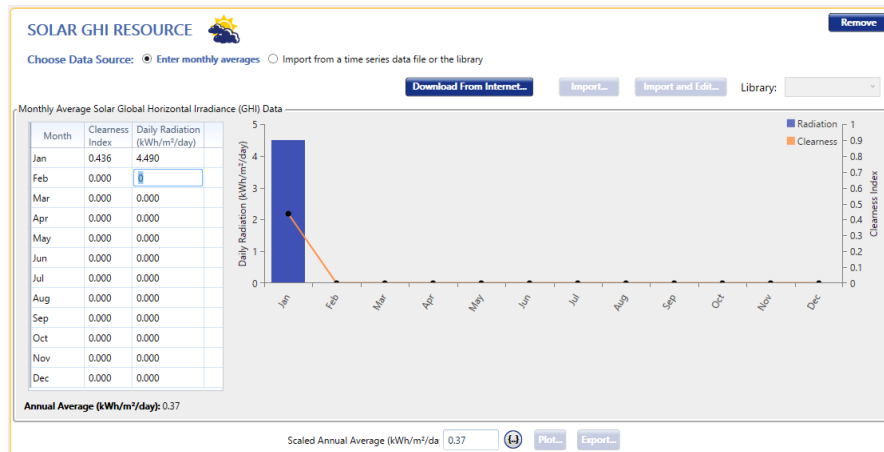


FIGURA 39. INGRESO DE INFORMACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR POR MESES.

De esta forma se obtiene la siguiente gráfica de tiempo en meses vs. radiación media mensual sobre el plano horizontal (kWh/m<sup>2</sup>/día).

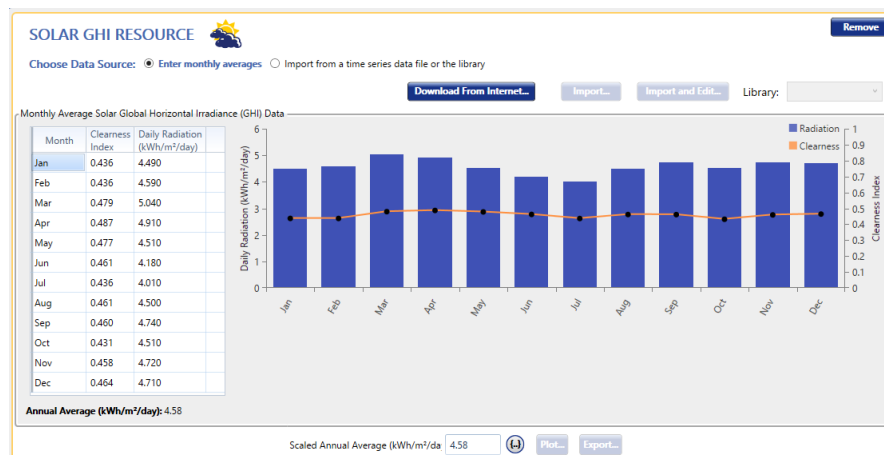


FIGURA 40. RADIACIÓN SOLAR PARA EL CASO DE ESTUDIO.

El programa Homer Pro ofrece distintas opciones de análisis dentro de un caso de estudio. En la pestaña “Project” existen diversas opciones de análisis dentro de las cuales constan un módulo de optimización.

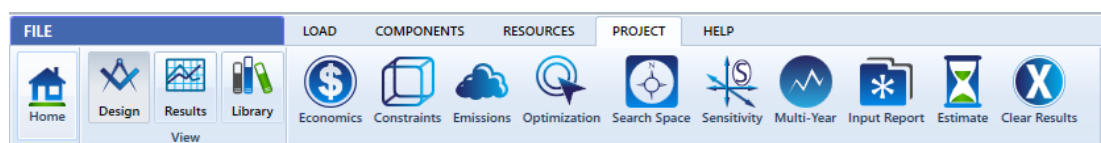


FIGURA 41. BARRA PARA LA EJECUCIÓN DE DISTINTOS ANÁLISIS EN HOMER PRO.

Finalmente el software computacional ofrece una serie de opciones para asistencia y ayuda del usuario como se puede apreciar en la figura a continuación.



FIGURA 42. BARRA DE AYUDA EN HOMER PRO.

Tras formalizar los pasos anteriormente evaluados se obtiene el esquema del diseño para el sistema fotovoltaico aislado. Dicho esquema muestra una barra de conexión DC donde se posiciona los paneles fotovoltaicos, el elemento de almacenamiento de energía y el inversor. Por otro lado se muestra una barra de AC en la cual el inversor está conectado directamente para realizar la conversión de corriente continua generada por los paneles a corriente alterna, esto con el propósito de proporcionar energía a la carga lumínica.

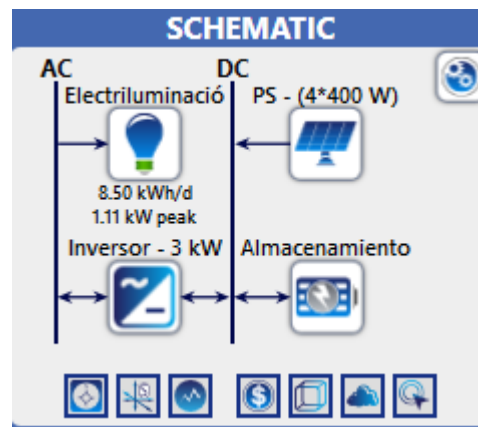


FIGURA 43. ESQUEMA DEL DISEÑO IMPLEMENTADO EN HOMER PRO.

Para la ejecución de la simulación se debe presionar el ícono de Calcular, con el cual se obtendrá un análisis de

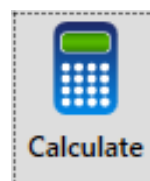


FIGURA 44. ÍCONO PARA EL INICIO DE LA SIMULACIÓN.

Una vez realizado este paso se despliega una ventana indicando que la simulación ha comenzado, mostrando el avance y posteriormente mostrando resultados.

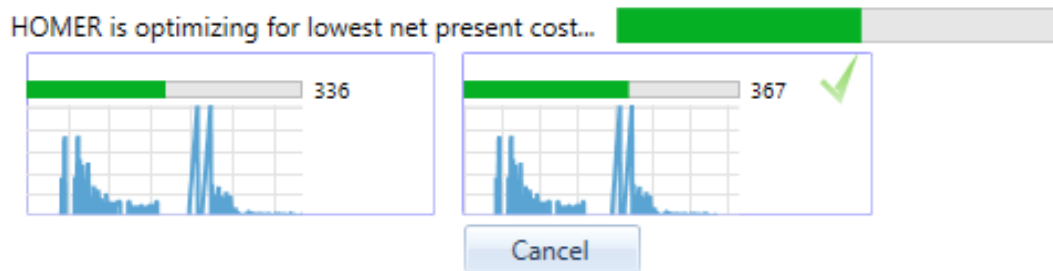


FIGURA 45. PROGRESO DE LA SIMULACIÓN.

Homer Pro realiza un proceso de optimización para cual arroja las siguientes pantallas de información. Los gráficos de barras muestran que los rubros más importantes de inversión para el sistema en análisis.

Con esto es posible observar que tanto la batería como los paneles solares tienen una incidencia directa en el costo de proyecto. Esto se reflejaría directamente al necesitar juegos de paneles y acumuladores para sistemas que tengan que cubrir una demanda energética superior.

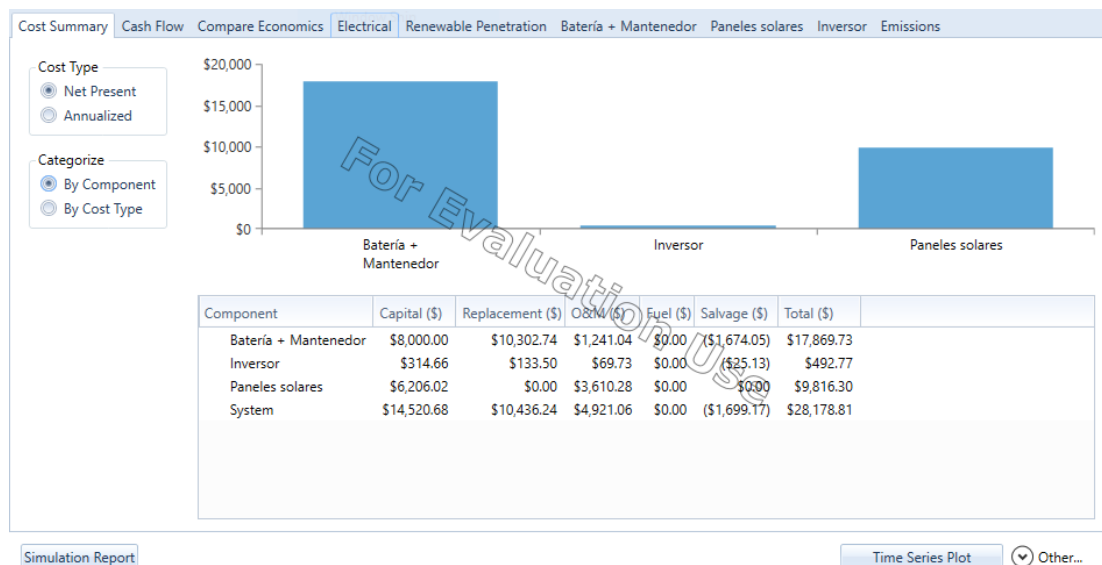


FIGURA 46. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN.

Las figuras 46 y 47 están subdivididas por componentes (by components): baterías, inversor, y paneles solares. El primero refleja resultados de un valor neto actual y anualizado.

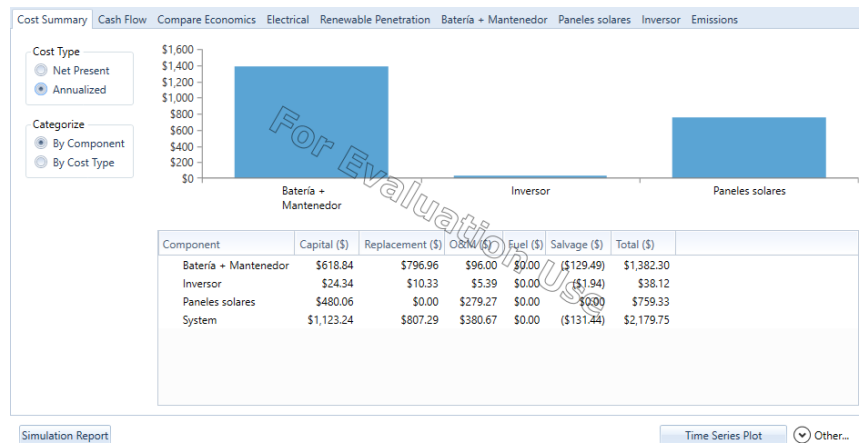


FIGURA 47. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN.

Realizando el análisis por tipo de costo o rubro (By cost type), se encuentra un importante componente de inversión para la hipotética contingencia de reemplazo de equipos pero un margen pequeño para la operación.

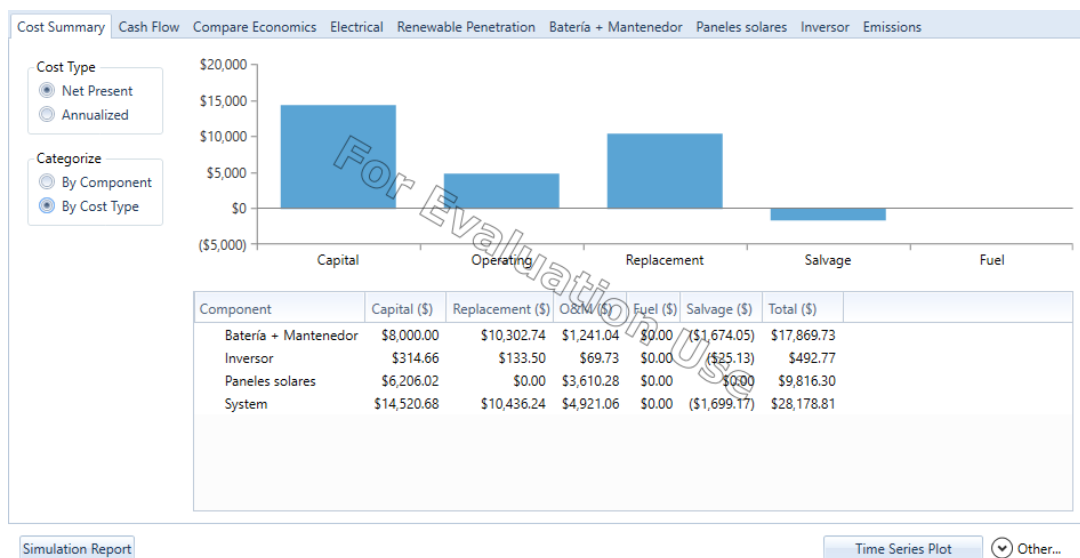


FIGURA 48. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN.

Se observa respuesta similar para el valor neto presente como para un valor anualizado. El sistema en la simulación también muestra un rubro por

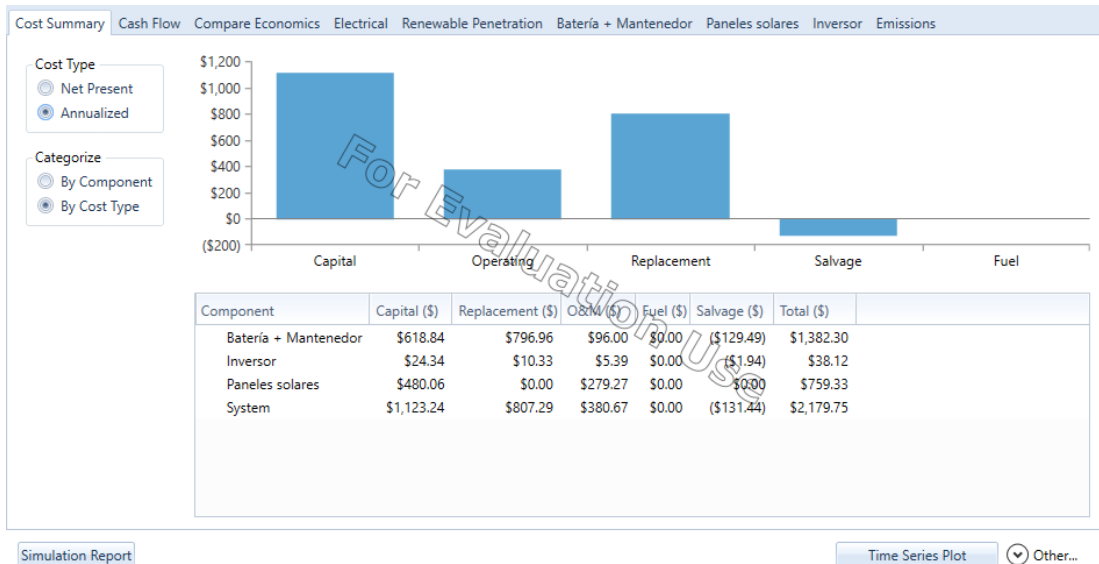


FIGURA 49. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN.

Como se observa en la siguiente figura la generación eléctrica está sujeta a la incertidumbre de la incidencia de radiación directa en los paneles, como ya se ha mencionado anteriormente. De esta forma la energía producida por los paneles variará en promedio acorde a la época del año y hora del día, además de factores atmosféricos como nubosidad o por capas de polvo que cubran las placas.

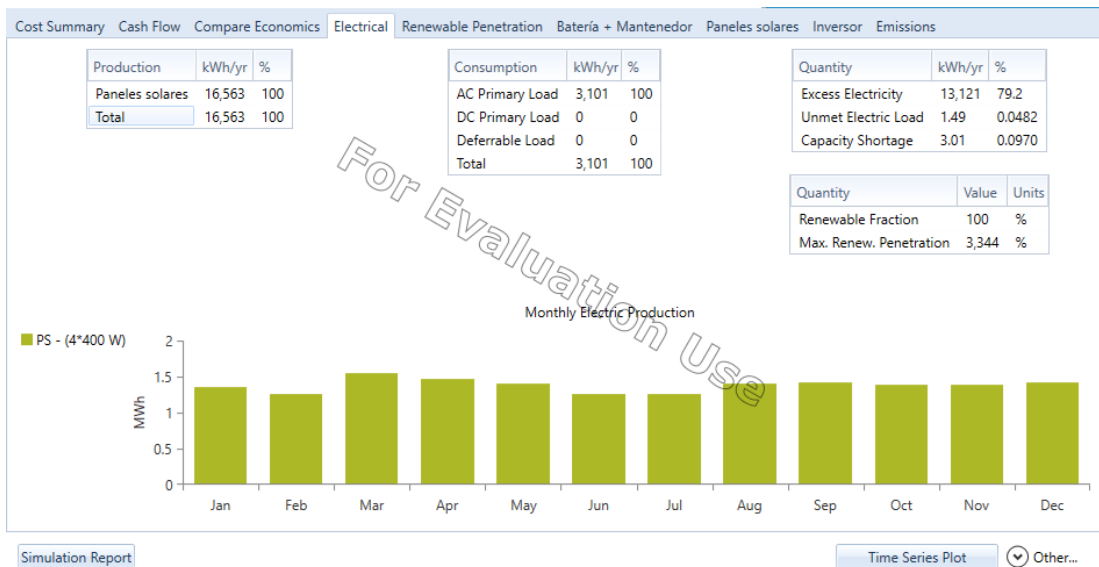


FIGURA 50. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN.

A continuación se observa el estado de carga en la batería en la figura 51. Se aprecia que los colores anaranjados y rojos muestran que la batería estará cargada al 100% o

a un valor cercano a este al medio día, cuando el pico de mayor radiación diaria se produzca.

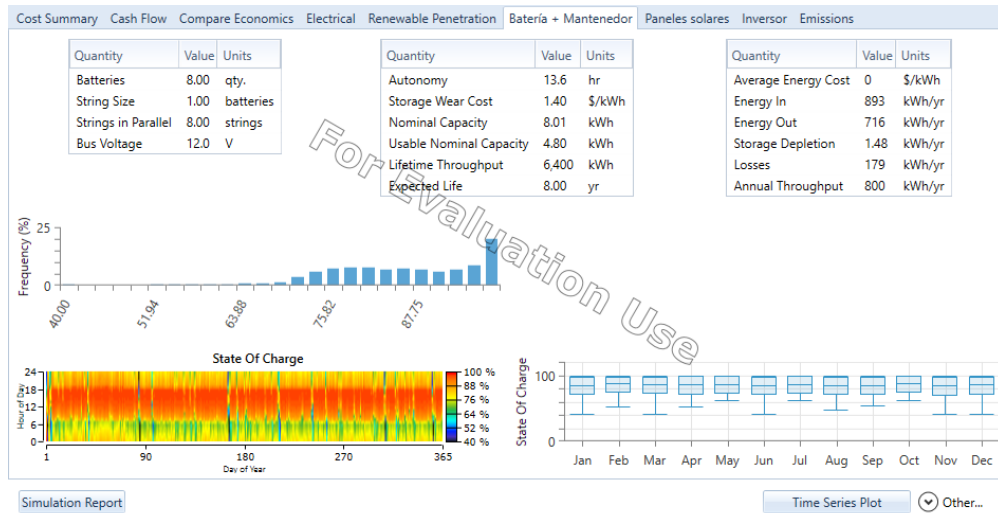


FIGURA 51. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN.

La siguiente figura muestra la incidencia de la radiación solar en los paneles solares donde los colores anaranjados y amarillos muestran un mayor índice de dicha radiación a lo largo del año, esto incide directamente en la producción de energía de los propios paneles solares.

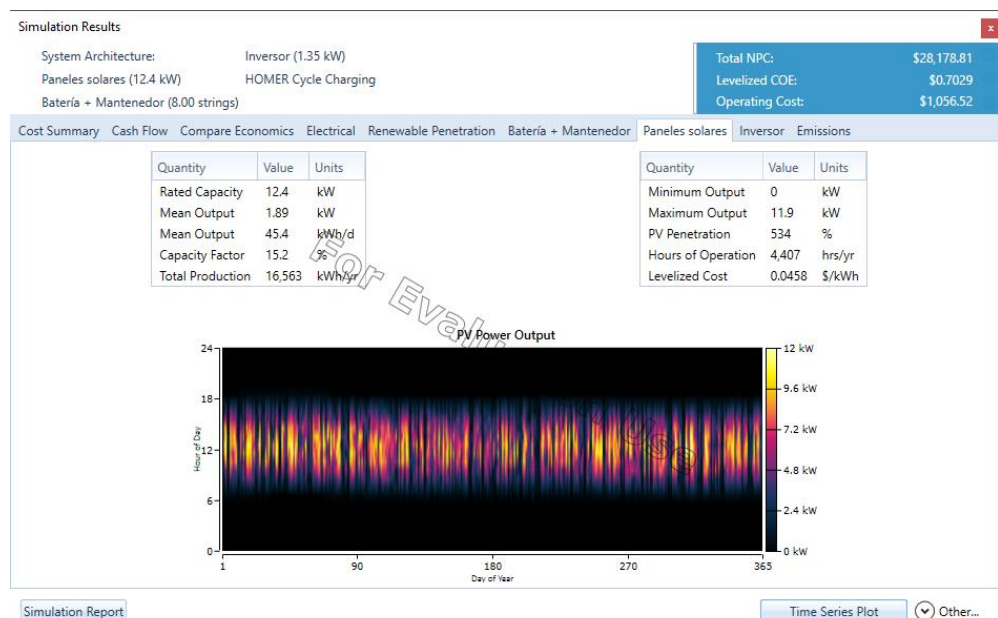


FIGURA 52. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN.

Como ya se ha mencionado anteriormente la incidencia de radiación solar en valores pico y promedio, variarán acorde a factores externos que aminorarán o maximizarán

la respuesta de las placas fotovoltaicas, sin embargo; se obtendrán los resultados deseados para la energización de los circuitos de iluminación de la institución educativa.

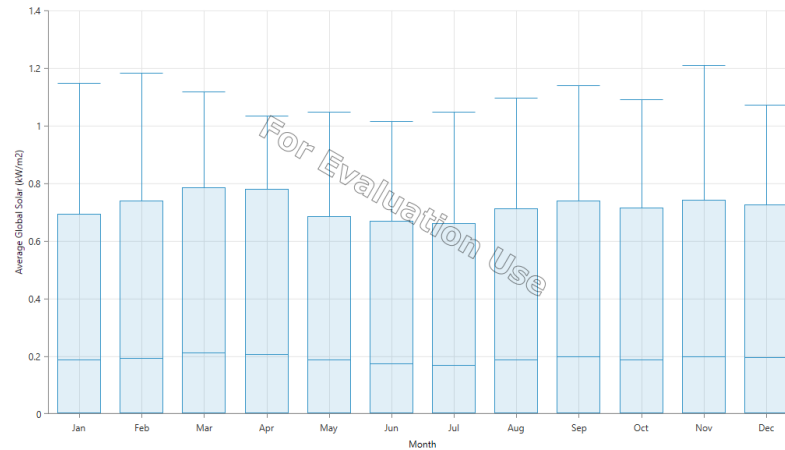


FIGURA 53. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN.

Las gráficas siguientes muestran el cambio de radiación ( $\text{kW/m}^2$ ) variable a lo largo del día y para los distintos meses. Ha de observarse que el software permite ingresar cierta “variabilidad” a partir de una misma cantidad de datos para que la modelación del sistema tenga mayor parecido a una situación real.

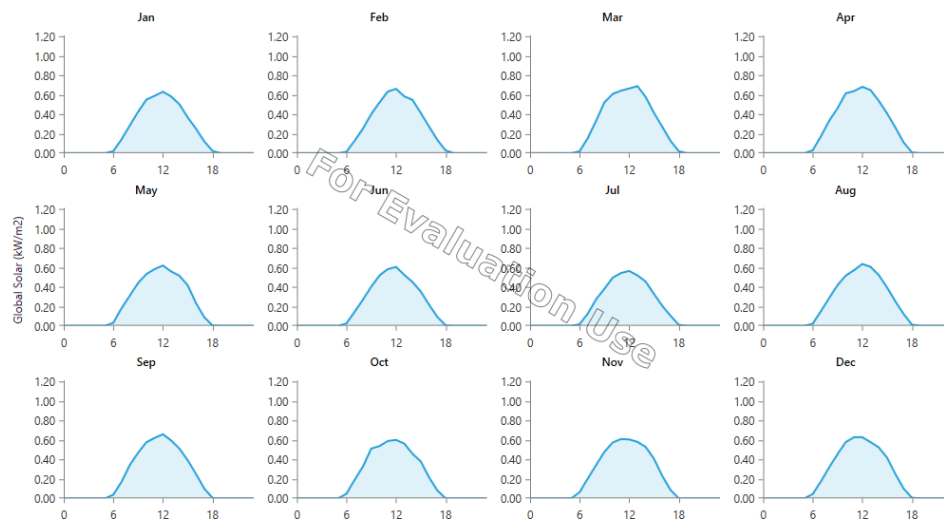


FIGURA 54. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN.

Los histogramas y diagramas de probabilidad acumulada muestran una tendencia a la generación de radiación solar hacia el mediodía donde se observa un marcado pico de radiación solar, notando que dicha radiación será recolectada por los paneles a partir

de las 6:00 am en la mañana hasta las 18:00 horas, donde la generación de energía solar sería prácticamente nula, mientras que se maximizaría al medio día.

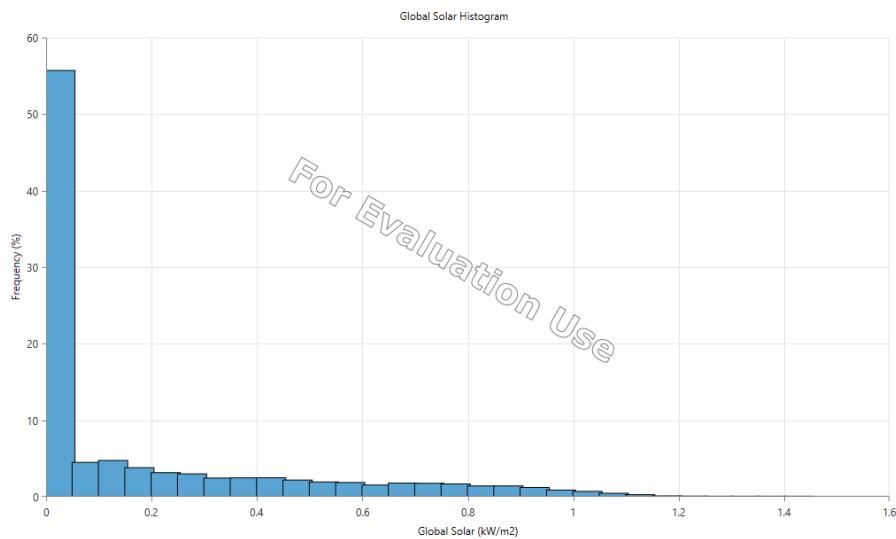


FIGURA 55. HISTOGRAMA.

Los histogramas y gráficas de probabilidad acumulada de las figuras 55, 56 y 57. Nos muestran la disponibilidad de radiación solar en un porcentaje de 100. Donde se puede observar que será más común obtener valores intermedios de radiación que valores altos.

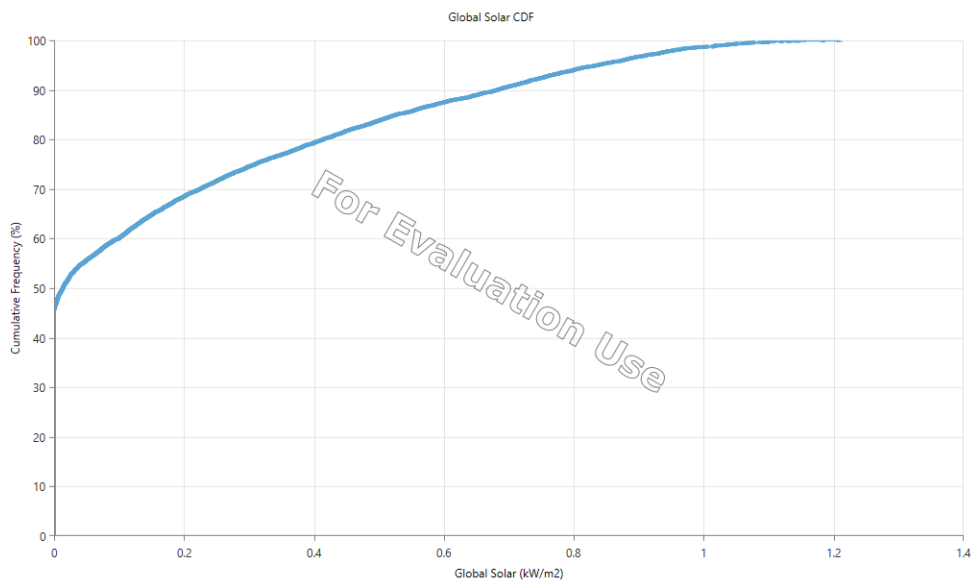


FIGURA 56. GRÁFICA DE PROBABILIDAD ACUMULADA.

En la figura 57 se observa que la radiación solar más intensa tiende a ser más escasa y menos disponibles en el tiempo. Por lo que valores menores a dicho valor serán



encontrados con mayor facilidad para ser convertidos por las placas fotovoltaicas en la jornada diaria.

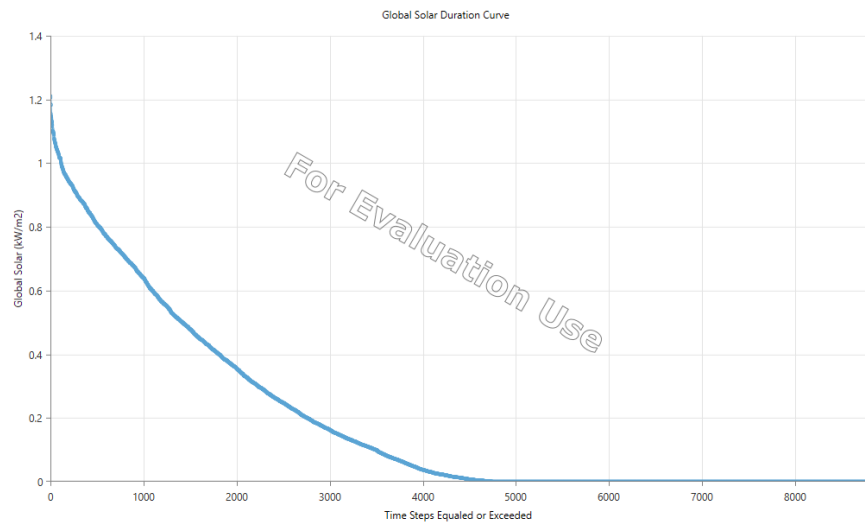


FIGURA 57. CURVA DE DURACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR.

Finalmente se obtiene mediante la simulación realizada el resultado de la cantidad de emisión de gases despididos hacia a la atmósfera por nuestro sistema fotovoltaico. El programa Homer Pro permite analizar distintos sistemas que podrían o no contener elementos que consuman combustibles fósiles y a su vez generen emisiones contaminantes hacia la atmósfera.

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	0	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	0	kg/yr
Nitrogen Oxides	0	kg/yr

FIGURA 58. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN.

Debido a que se trata de un sistema fotovoltaico, este no depende de combustibles fósiles para la obtención de la energía eléctrica, necesaria para la iluminación de la institución educativa, lo cual implica una menor huella ambiental y además contribuir al ahorro energético de la institución estudiantil.

## 4.2. Instalación del sistema fotovoltaico

En el presente trabajo, se realizó una revisión del circuito eléctrico que alimenta el alumbrado de las aulas en la institución, el cual se encontraba en estado obsoleto, razón por la cual se procedió a implementar el paso de nuevos circuitos de iluminación para cada aula, el sistema fotovoltaico fue diseñado para alimentar 12 aulas dispuestas cada una con 4 tubos leds para su iluminación de 18 w cada uno obteniendo una carga total de 864 w. En la figura 59 se muestra la actividad de sustitución del sistema eléctrico y en la figura 60 se observa las luminarias presentes en las aulas.



FIGURA 59. EVALUACIÓN DEL CABLEADO ELÉCTRICO



FIGURA 60. LUMINARIAS DE LAS AULAS

Posteriormente se realizó la instalación del sistema fotovoltaico, comenzando por la colocación de los paneles solares, como se muestra en la figura 61:



FIGURA 61. PANELES SOLARES INSTALADOS EN EL SISTEMA FOTOVOLTAICO

El tipo de panel solar seleccionado es de tipo monocristalino, debido a sus múltiples ventajas, además de ser la opción más popular en el mercado, así como la forma más eficiente dado que están fabricadas de una forma muy pura de silicio, esta tecnología de paneles solares es más duradera, con una expectativa de vida de alrededor de medio siglo, razón por la cual muchos de los fabricantes tienen equipos con garantías que cubren hasta 25 años de operación, aun cuando es la opción que presente un precio más elevado, la relación costo-beneficio determina que es la mejor opción para el presente proyecto.

El sistema fotovoltaico propuesto consta de 4 paneles de 450 w (figura 61), para las conexiones se instaló la acometida desde los paneles solares, hasta el mantenedor de carga y posteriormente a la batería y finalmente al inversor para completar el sistema.



FIGURA 62. CONEXIONES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

El primer elemento del sistema fotovoltaico corresponde al controlador de carga (regulador) el cual es básicamente un regulador de voltaje y / o corriente para evitar que las baterías se sobrecarguen. Regula el voltaje y la corriente proveniente de los paneles solares que van a la batería. La mayoría de los paneles de "12 voltios" producen entre 16 y 20 voltios, por lo que si no hay regulación, las baterías se dañarán por sobrecarga. La mayoría de las baterías necesitan alrededor de 14 a 14.5 voltios para cargarse completamente, en la figura 63 se muestra el equipo mantenedor de carga instalado.



FIGURA 63. MANTENEDOR DE CARGA (REGLADOR) DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

En la figura 64, se muestra la batería que forma parte del sistema fotovoltaico, este elemento se encarga de almacenar la energía, es decir, captura la energía excedente generada por el sistema para su uso posterior, las baterías pueden proporcionar energía cuando las cargas eléctricas requieren más energía que la que generan los paneles fotovoltaicos. Esto puede deberse a condiciones climáticas adversas, uso de energía mayor que el normal u otras anomalías con la recolección de energía fotovoltaica. Las baterías también ayudan a establecer el voltaje de funcionamiento de CC para los componentes auxiliares requeridos en el sistema. Para el presente proyecto la batería instalada es de 12 v 250 A.



FIGURA 64. BATERÍA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

El sistema fotovoltaico dispone de un inversor de DC/AC, los requisitos del inversor incluyen el funcionamiento en una amplia gama de voltajes, corrientes y frecuencia de salida regulados, al tiempo que proporciona energía de AC de buena calidad, que incluye baja distorsión armónica total y alto factor de potencia, además de la mayor eficiencia posible para todos los niveles de irradiancia solar, en la figura 65, se muestra el conversor utilizado en el sistema fotovoltaico, el cual tiene una capacidad de 3000 w; 12v in; 1120 out; 25 A según lo requerido para el proyecto.



FIGURA 65. INVERSOR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para el control manual-automático y como sistema de protección, se instaló un tablero de transferencia con el fin de disponer de un medio adecuado para la intervención en caso de presentarse cualquier emergencia, en la figura 66, se muestra el tablero de transferencia manual implementado para el presente proyecto.

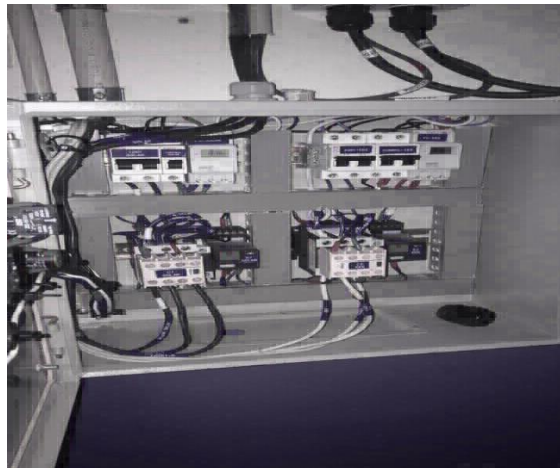


FIGURA 66. TABLERO DE TRANSFERENCIA MANUAL AUTOMÁTICO

### **4.3. Pruebas realizadas al sistema fotovoltaico**

Para validar el funcionamiento del sistema fotovoltaico, una vez se realizó la instalación de todos los componentes, se procedió a realizar las pruebas correspondientes, en las cuales se utilizaron primeramente tres inversores de 3 amperios conectados en paralelo, obteniendo como resultado que el sistema no soporto carga respectiva, dado que una vez se finalizó con el diseño el sistema se incluyeron cargas lumínicas adicionales que no estaban consideradas dentro de los cálculos iniciales del proyecto.



FIGURA 67. PRUEBA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO CON TRES INVERSORES

Debido a que aumentamos la carga, un inversor quedó en corto circuito (inoperativo), razón por la cual se procedió a colocar un nuevo inversor de 3000 w como se muestra en la figura 68, obteniendo un funcionamiento adecuado del sistema

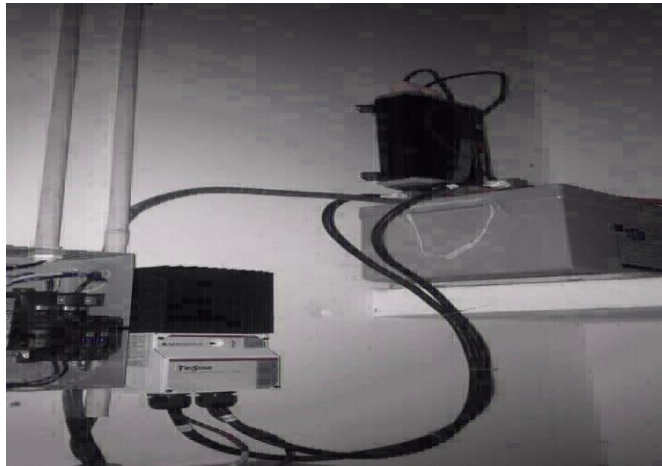


FIGURA 68. INSTALACIÓN DE UN NUEVO INVERSOR DE 3000 W

## CONCLUSIONES

- A partir del estudio de cargas lumínicas que se encuentran actualmente instaladas en escuela, contabilizando únicamente el consumo de las luminarias tipo tubos led instaladas en las áreas que se determinaron como críticas, en términos de mantener la iluminación durante los periodos de suspensión en el suministro del servicio eléctrico nacional, son las aulas identificadas con los números 1 al 10, el rectorado y la bodega, estableciendo que cada área cuenta con 4 tubos leds con un consumo teórico de 18 watts, lo que implicaría un consumo por área de 72 watts, para un requerimiento total para la institución de 864 Watts.
- El diseño del sistema fotovoltaico incluye dos circuitos eléctricos de característica 1 polo 20 A con cable conductor concéntrico número 2x12 (tres hilos para fase y retorno calibre 12), el primer circuito alimenta las aulas 1, 2 y 3, rectorado, bodega, garita, y aula 10; el segundo circuito alimenta las aulas 4, 5, 6, 7, 8 y 9, además de 4 paneles solares instalados en la parte superior de 450 w.
- A través del software computacional Homer Pro, se realizaron las simulaciones del sistema fotovoltaico propuesto, utilizando como información de entrada, los requerimientos eléctricos de la institución bajo la premisa de independencia por un periodo de 8 horas y en función de los datos sobre la radiación media mensual que se imprime sobre el plano horizontal en el área de ubicación del instituto, en función de los resultados obtenidos se determinó que el sistema propuesto cumple con los requerimientos del proyecto aportando 16563 Kw al año.
- De las evaluaciones técnicas realizadas en el sistema eléctrico se determinó que al sustituir las lámparas convencionales fluorescentes por tubos de tecnología leds, se logrará reducir el consumo eléctrico en un 30%, además que la inversión que implique la compra de los tubos leds se podrá recuperar en un periodo de tiempo corto debido a su efecto en la reducción de costos en la institución por concepto de consumo eléctrico.
- Como resultado de las simulaciones y de la ubicación estratégica territorial de la institución con respecto a la fuente lumínica, se determinó que las sombras y



orientaciones no generan afectación el aporte de la radiación media mensual que alimentara al sistema fotovoltaico propuesto.

- De los estudios efectuados con respecto a la contaminación ambiental, se determinó que durante el periodo en el cual la institución utilice el sistema fotovoltaico propuesto en vez del sistema eléctrico nacional, se obtendrá una reducción en la emisión de CO<sub>2</sub>, en base al factor establecido de 0,385 Kg de CO<sub>2</sub> por cada KWH, se obtendría por cada hora de operación del sistema fotovoltaico una reducción de 125 Kg de CO<sub>2</sub>, considerando que el sistema propuesto no emite ninguna sustancia contaminante durante su funcionamiento.

## **RECOMENDACIONES**

- Como resultado de las inspecciones realizadas al sistema eléctrico que se encuentra instalado actualmente, se observó que el mismo se encuentra en malas condiciones, dado que sus conductores se encuentran recalentados, lo que puede representar un riesgo o amenaza de incendio que coloca en peligro a profesores, estudiantes y personal en general que trabaja en el instituto, por lo que se recomienda revisar el sistema eléctrico completo y sustituir aquellos elementos que se encuentren en malas condiciones.
- Se recomienda realizar nuevos estudios que permitan el diseño de un sistema que permita la sustitución integral del sistema eléctrico convencional en la institución, incrementando el periodo de operación a 12 horas e incluyendo el resto de áreas que no se consideraron críticas en el desarrollo del presente proyecto, además, se debe promover que proyectos como este sean desarrollados e implementados en otras instituciones mostrando las ventajas desde el punto de vista técnico, operativo, económico y ambiental del mismo.
- Se debe elaborar y presentar un plan de capacitación con el fin de concientizar tanto a la población estudiantil como a los demás integrantes de la institución y de la comunidad en general sobre los efectos contaminantes relacionados al consumo eléctrico indiscriminado, así como, las ventajas de usar dispositivos amigables con el ambiente.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos del Ecuador. (2014). *Balance Nacional de Energía*. Quito, Ecuador: MICSEE.
- Abella, M. (2016). *Dimensionado de Sistemas fotovoltaicos*. Madrid: CIEMAT. Centro de Investigaciones Energética.
- Alexander, C., & Sadiku, M. (2006). *Fundamentos de los circuitos electricos*. Mexico: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Arencibia, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generacion de energía eléctrica. *REDVET Rev. Electrón Volumen 17 N° 6* , 1-4.
- Arias, F. (2016). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. Séptima Edición*. Caracas: Episteme.
- Arias, F. (2016). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. Séptima Edición*. Caracas, Venezuela: Episteme.
- Badía, A., & Villacampa, B. (2017). *Apuntes de electricidad y magnetismo*. Zaragoza: Departamento de Física de la Materia Condensada, Universidad de Zaragoza.
- Bravo, L. (2013). *Análisis de textos representativos de la literatura infantil y juvenil*. Loja: EDILOJA.
- Bunge, M. (2012). *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*. Madrid: Siglo XXI.
- Camara de Comercio de Guayaquil. (ENERO de 2018). *lacamara.org*. Obtenido de <http://www.lacamara.org/website/wp-content/uploads/2017/03/APE-019-Nueva-Tarifa-EI%C3%A9ctrica-2018.pdf>
- Cardenete, S. (2011). Sol, Tierra y Luna. Movimientos relativos y sus consecuencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* , 512-528.
- Cepeda, J., & Sierra, A. (2017). *Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus soluciones*. Bogota, Colombia: Universidad Santo Tomás.
- CONELEC. (2008). Atlas solar de Ecuador. *Corporacion para la investigacion científica (CIE)*, 1-18.
- CONELEC. (2011). *RESUMEN DE LAS ESTADÍSTICAS DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO DEL AÑO 201*. Quito, Ecuador: CONELEC.
- CONELEC. (2013). *Demanda proyectada frente a demanda real entre los años 2003 y 2012*. Quito, Ecuador: CONELEC.
- De Noguera, M. L. (2004). *Cuentos viejos*. San José, Costa Rica: Editorial Costa Rica.
- Delgado. (2012). *¡Qué chiste!* Quito: alaguara.
- Delgado, S. (2 de diciembre de 2015). *frandelsan.blogspot.com*. Obtenido de frandelsan.blogspot.com: <http://frandelsan.blogspot.com>
- Deorsola, M., & Morcelle, P. (2016). *Circuitos Eléctricos I*. Argentina: Universidad de la Plata.
- Durán, J. C., Alvarez, M., Eyra, R., & Parisi, F. (3 de AGOSTO de 2014). *CIDEL* . Obtenido de Generación Fotovoltaica Distribuida Conectada a Red En Areas Urbanas: <http://www.cidel2014.com/papers/715.pdf>
- Durgadevi, A., Arulselvi, S., & Natarajan, S. (2011). Photovoltaic modeling and its characteristics. *International Conference on Emerging Trends in Electrical and Computer Technology*. DOI: 10.1109/ICETECT.2011.5760162 .
- Ecofys. (2014). Emisiones mundiales de contaminantes. *Journalism for the energy transition*, 1-3.

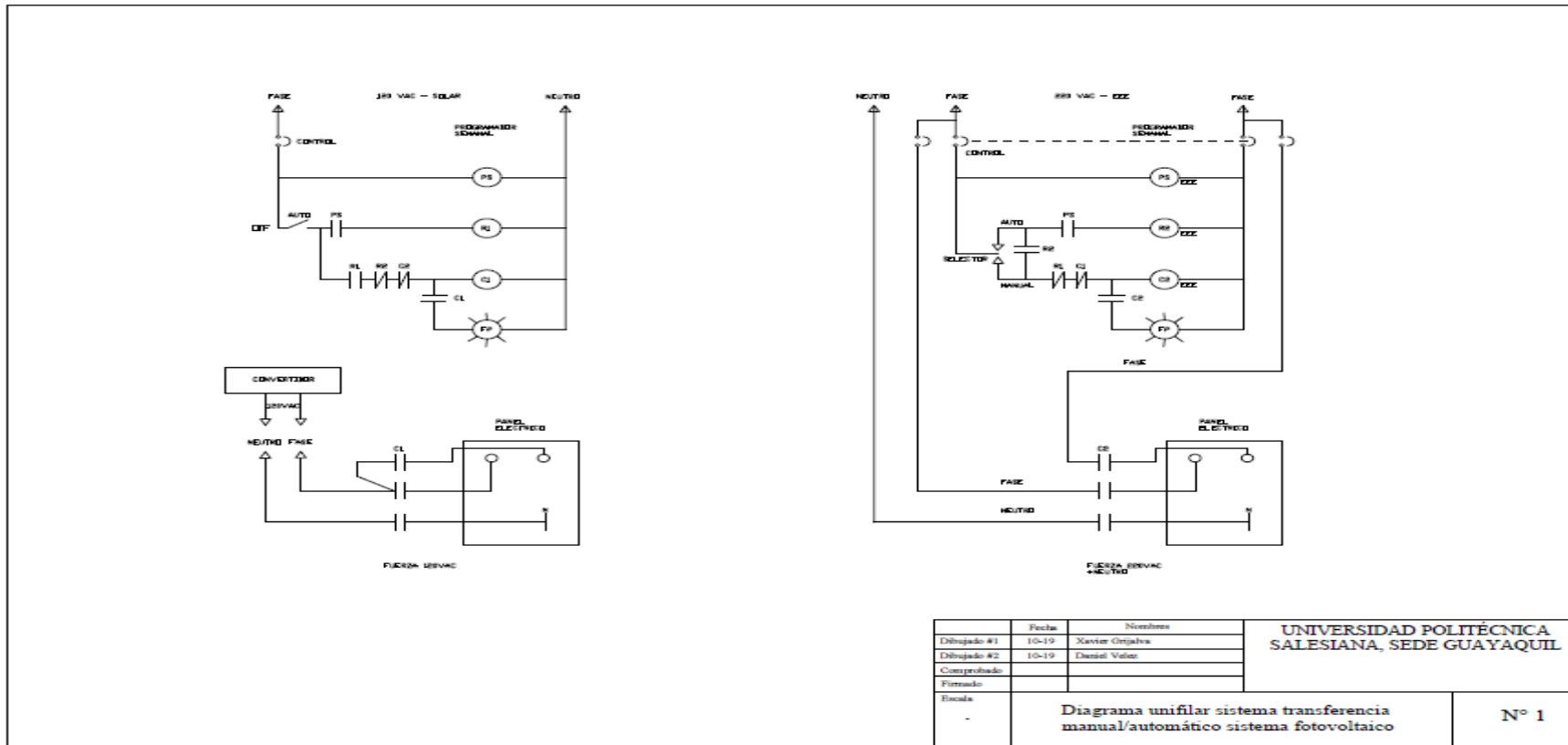
- El Comercio. (2012). 17 nuevos proyectos de energía solar fotovoltaica se instalarán en Ecuador hasta el 2015. Quito: Reve.
- El Universo. (18 de abril de 2018). Obtenido de [www.eluniverso.com](http://www.eluniverso.com): <https://www.eluniverso.com/noticias/2018/04/18/nota/6720420/inamhi-recomienda-proteccion-ante-elevado-indice-radiacion>
- Electricidad), C. (. (1 de julio de 2018). *ATLAS SOLAR DEL ECUADOR*. Obtenido de ATLAS SOLAR DEL ECUADOR: <http://energia.org.ec/cie/wp-content/uploads/2017/09/AtlasSolar.pdf>
- Fraile, J. (2012). *Circuitos eléctricos*. Madrid: Pearson Educacion S.A. .
- Fumo, N., & Zambrano, J. (2013). Propuesta de implementacion de energia solar fotovoltaica en industrias de pesca en Venezuela. *Conference: I Congreso Venezolano Uso Racional y Eficiencia Energética, At Maracaibo, Venezuela, Volume: 1*, 1-7.
- García, P. (2013). *ENERGÍA FOTOVOLTAICA. tRAZADOR DE CURVAS V-I PARA SEGUIMIENTO DE MÓDULOS SOLARES*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- González, D., Montserrat, D., & Varela, F. (2015). CLASIFICACIÓN DE LOS PANELES SOLARES HÍBRIDOS (PVT). *Conference: 9º Congreso Nacional de Ingeniería Termodinámica, At Cartagena, Spain*, 235-248.
- Goswami, Y. (2010). Solar Energy. *The Official Journal of the International Solar Energy Society*, 235-241.
- Hernández, F. (2012). *Voltaje, corriente y potencia electrica*. Argentina: Consejo para la Evaluación de la Educación Media Superior.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw Hill.
- Klassen, S. (2008). The Photoelectric Effect: Rehabilitating the Story for the Physics Classroom. *Proceedings of the Second International Conference on Story in Science Teaching*, 38-42.
- Levy, J., & Butoli, A. (2008). *La fisica en preguntas: Electricidad y magnetismo*. Argentina: Asunción Limpo.
- Martín, J. (2014). *ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y ENERGÍA EÓLICA*. Argentina: Parainfo.
- Mena, P., Ortiz, D., & Mesias, D. (2013). *Diseño de un sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en el nuevo campus de la escuela politécnica del ejército extensión Latacunga*. Latacunga, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Meral, M. (2010). Critical Factors that Affecting Efficiency of Solar Cells. *mart Grid and Renewable Energy*, 1. DOI: 10.4236/sgre.2010.11007 , 47-50.
- Mohd, N., & Aziz, S. (2018). Performance Factors of the Photovoltaic System: A Review. *MATEC Web of Conferences* 225:03020. DOI: 10.1051/mateconf/201822503020 , 1-6.
- Naciones Unidas . (2015). *XXI Conferencia Internacional sobre Cambio Climático*. Paris: Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 2015.
- NASA. (18 de 08 de 2019). *Word Data System*. Obtenido de <https://eosweb.larc.nasa.gov>
- OLADE. (2017). PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA SOSTENIBLE. *Revista de energia de Latinoamerica y el Caribe. Volumen I. Número 2. ISSN 2602-8042*, 1-69.
- Orjuela, E. C. (5 de MARZO de 2017). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/265572977/Paper-Energia-Solar-Fotovoltaica>

- Orozco, G. (2016). *Efecto fotoelectrico y efecto compton*. Colombia: Universidad Nacional Abierta.
- Peña, M. (1995). *Alas para la infancia*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=4YCJ3DA1aUIC&pg=PA49&lpg=PA49&dq=Carmen+Bravo+Villasante+libro+Literatura+Infantil+Universal:+%E2%80%9CCualquier+obra+bien+escrita,+vaya+dirigida+a+quien+sea,+es+una+obra+de+arte.+S%C3%BAbitamente+la+literatura+infant>
- Peña, M. (2010). *Teoría de la Literatura Infantil y Juvenil*. Loja: Editorial de la Universidad Técnica Particular de Loja.
- Perrault, C. (24 de febrerp de 2016). *cuentos infantiles. net*. Obtenido de [www.cuentosinfantiles.net: //www.cuentosinfantiles.net/cuentos-barba-azul.html](http://www.cuentosinfantiles.net/cuentos-barba-azul.html)
- Perrault, C. (24 de febrero de 2016). *El profesor en línea*. Obtenido de [www.profesorenlinea.cl: http://www.profesorenlinea.cl/primysgdo/cuentos/2pulgarcito.html](http://www.profesorenlinea.cl/http://www.profesorenlinea.cl/primysgdo/cuentos/2pulgarcito.html)
- Rela, A. (2010). *Electricidad y electronica Educación Tecnológica*. Argentina: Ministerio de Educación - Instituto Nacional de.
- Renzetti, M. (2008). *¿QUE ES EL FACTOR DE POTENCIA? ¿EN QUE AFECTA? ¿COMO SE CORRIGE? ¿COMO SE CALCULA? ¿Qué es el Factor de Potencia? (Parte I), ”*. España: Edebe .
- Robbins, A., & Miller, W. (2015). *Análisis de circuitos electricos*. Mexico: Cengage Learning, Inc.
- Rodríguez, H. (2011). *Historia de la literatura infantil y juvenil*. Loja: Editorial de la Universidad Técnica Particular de Loja.
- Rodríguez, L. (2004). *COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO*. España: Universidad de Jaen. GRUPO IDEA - I+D en Energía Solar y Automática.
- Rodríguez, M., & Cervantes, J. (2006). El efecto fotoeléctrico. *Ciencia Ergo Sum, vol. 13, núm. 3*, 303-311.
- Roldan, R. (2013). *Diccionario de electricidad*. España: Paraninfo.
- Rubeira, A. (2008). *Introducción a la Metodología de la Investigación*. España: Shalom .
- Ruiz, G. (2011). *Electronica Básica para Ingenieros*. España: Servicio de Reprografía.
- Santana, R. (4 de 06 de 2016). *Rincón del Vago*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/El\\_Rinc%C3%B3n\\_del\\_Vago](https://es.wikipedia.org/wiki/El_Rinc%C3%B3n_del_Vago)
- Santos, A., Hernández, Y., & Diaz, R. (2017). Diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar una vivienda. *onference: VII Conferencia Internacional Ciencia y Tecnología por un desarrollo sostenible, At Las Tunas, Cuba*, 1-5.
- Sirajuddin, M. (2017). A Review Paper on Electricity Generation from Solar Energy. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). Volume 5 Issue IX,DOI: 10.22214/ijraset.2017.9272* , 1-12.
- Vanegas, M., Villicaña, E., & Arrieta, L. (2015). Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica. *Prospect, Vol 13, N° 2* , 54-63.
- Vega, J., & Ramírez, M. (2014). *Fuentes de energía*. Mexico: AlfaOmega.
- Wald, L. (2007). Solar radiation energy (fundamentals). *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). SOLAR ENERGY CONVERSION AND PHOTOENERGY SYSTEMS – Vol. I*, 1-16.

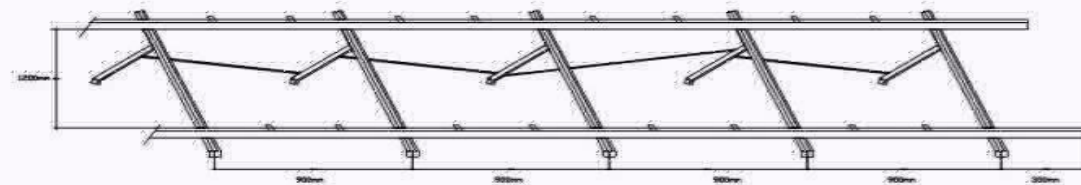
Zarzalejo, L., Polo, J., & Martín, L. (2016). Estimación de la radiación solar a partir de imágenes de satélite: nuevos mapas de evaluación de la irradiancia solar para la península Ibérica. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 10, , 1-6.

# ANEXOS

ANEXO 1. Diagrama unifilar sistema de transferencia manual/ automática sistema fotovoltaico



ANEXO 2. Diagrama estructural de bases paneles solares



	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, SEDE GUAYAQUIL
Dibujado #1	10-19	David Cepeda	
Dibujado #2	10-19	Daniel Veloz	
Comprobado			
Firmado			
Escala	Diagrama estructural de bases paneles solares		Nº 2

ANEXO 3. Diagrama unifilar sistema fotovoltaico de la escuela Dr. Ampuero Falquez

