

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR

VIDA NUEVA



CARRERA:

TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

TEMA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:

**CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA CON
PANELES DE SILICIO DE AMORFO (CAPA FINA)**

AUTOR:

LAZO VIRI NESTOR DARÍO

TUTOR:

ING. MACHAY TISALEMA BYRON ORLANDO

FECHA:

MARZO 2019

QUITO – ECUADOR

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, **LAZO VIRI NESTOR DARÍO** portador/a de la cedula de ciudadanía **1718181660**, facultado/a de la carrera **TECNOLOGÍA EN ELECTROMECHANICA**, autor/a de esta obra certifico y proveo al Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva, usar plenamente el contenido plasmado en este escrito con el tema **“CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA CON PANELES DE SILICIO DE AMORFO (CAPA FINA)”**, con el objeto de aportar y promover la lectura e investigación, autorizando la publicación de mi trabajo de titulación en la colección digital del repositorio institucional bajo la licencia de Creative Commons: Atribución-NoComercial-SinDerivadas.

En la ciudad de Quito, marzo del 2019.

LAZO VIRI NESTOR DARÍO

C.I.: 1718181660

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA CON PANELES DE SILICIO DE AMORFO (CAPA FINA), presentado por el estudiante LAZO VIRI NESTOR DARIO, para optar por el título de Tecnólogo en Electromecánica, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal que se designe.

Tutor: Ing. Machay Tisalema Byron Orlando

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe del Proyecto de Aplicación Práctica, con el tema:

CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA CON PANELES DE SILICIO DE AMORFO (CAPA FINA).

Del Sr. estudiante: Lazo Viri Nestor Dario

De la Carrera, Tecnología en Electromecánica.

Para constancia firman:

.....

.....

.....

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Lazo Viri Nestor Dario, estudiante del Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva, declaro que he realizado este trabajo de titulación tomando en consideración citas bibliográficas que se nombran en este texto.

El Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva puede utilizar este trabajo de titulación como una ayuda bibliográfica.

Lazo Viri Nestor Dario

C.I. 1718181660

AGRADECIMIENTO

Me complace de sobre manera a través de este trabajo exteriorizar mi sincero agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva y en él a los distinguidos docentes quienes con su profesionalismo y ética puesta de manifiesto en las aulas; enrumban a cada uno de los que acudimos a ellas, con sus conocimientos que nos servirán para ser útiles a la sociedad.

A mi Tutor el Ingeniero Byron Machay, quien con su experiencia como docente ha sido la guía idónea, durante el proceso que ha llevado el realizar este proyecto; me ha brindado el tiempo necesario, como la información para que este anhelo llegue a ser felizmente culminado.

Lazo Viri Nestor Dario

DEDICATORIA

Este trabajo de grado está dedicado a Dios, por darme la vida a través de mis queridos padres quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de mí, una persona con valores para poder desenvolverme como: esposo, padre y profesional.

A mi esposa y mis hijos que han estado a mi lado dándome cariño, confianza y apoyo incondicional para seguir adelante y cumplir otra etapa en mi vida, ellos fueron quienes en los momentos más difíciles me dieron su apoyo, amor y comprensión para poderlos superar; quiero también dejar una enseñanza: que cuando se quiere alcanzar algo en la vida, no hay tiempo ni obstáculo que impida poder lograrlo.

Lazo Viri Nestor Dario

ÍNDICE GENERAL

3. OBJETIVOS	1
3.1. Objetivo General	1
3.2. Objetivos específicos.....	1
4. DESARROLLO O CUERPO PRINCIPAL	2
4.1. Marco Teórico – Conceptual.....	2
4.1.1. La energía.....	2
4.1.1.1. Tipos de energía.	2
4.1.1.2. Energía renovable.	2
4.1.1.3. Potencial de la energía eléctrica renovable para la mejor calidad de vida.	3
4.1.1.3.1. En el hogar.	3
4.1.1.3.2. En salud.	4
4.1.1.3.3. Educación.	4
4.1.1.3.4. Seguridad.	4
4.1.2. Energía solar.	4
4.1.2.1. Energía solar fotovoltaica.	5
4.1.3. Sistema fotovoltaico y sus elementos.....	6
4.1.3.1. Panel solar.	7
4.1.3.1.1. Panel monocristalino.	7
4.1.3.1.2. Panel policristalino.	8
4.1.3.1.3. Panel silicio amorfo (capa fina).	9
4.1.3.2. Regulador de carga.	11
4.1.3.3. Inversor.	12
4.1.3.3.1. Inversor de batería.	12
4.1.3.3.2. Inversor de red.	12
4.1.3.4. Batería.....	13
4.1.3.5. Ubicación geográfica.	14

4.1.3.6. Ubicación e inclinación.....	15
4.1.3.7. Consumo energía.....	16
4.1.3.8. Riesgos eléctricos.	16
4.1.4. Mantenimiento al controlador de carga.....	17
4.1.5. Mantenimiento al inversor o convertidor DC/AC	18
4.2. Procedimiento – Metodología	19
4.2.1. Diseño.....	19
4.2.1.1. Diseño de generación.....	20
4.2.1.1.1. Calculo de consumo de energía.....	20
4.2.1.1.2. Calculo del generador fotovoltaico.....	21
4.2.1.1.3. Calculo de la batería.	22
4.2.1.1.4. Calculo del regulador de carga.....	23
4.2.1.2. Diseño eléctrico.....	24
4.2.2. Construcción.	25
4.2.2.1. Estructura	25
4.2.2.2. Elementos del sistema eléctrico.....	27
4.2.2.2.1. Montaje de paneles de silicio amorfo.	27
4.2.2.2.2. Montaje de regulador de carga.	28
4.2.2.2.3. Montaje de inversor DC/AC	29
4.2.2.2.4. Montaje de elementos eléctricos y electrónicos.	30
4.2.3. Implementación.	37
4.2.3.1. Mantenimiento del sistema solar fotovoltaico	37
4.2.3.1.1. Panel solar silicio amorfo.	38
4.2.3.1.2. Regulador phocos.	38
4.2.3.1.3. Batería ritar DC de 12V-40Ah.	38
4.2.3.1.4. Inversor Isoverter Isofoton.....	38
4.2.3.1.5. Gabinete.....	38

5. CONCLUSIONES	39
6. RECOMENDACIONES	40
7. FUENTES	41
7.1. BIBLIOGRAFIA.....	41
8. ANEXOS	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Formas de encontrar energía</i>	2
Figura 2: <i>Producción de energía renovables</i>	3
Figura 3: <i>Puesta de sol.</i>	5
Figura 4: <i>Vista general del proceso en una célula fotovoltaica</i>	6
Figura 5: <i>Modulo monocristalino</i>	8
Figura 6: <i>Modulo policristalino.</i>	9
Figura 7: <i>Paneles silicio amorfo</i>	10
Figura 8: <i>Reguladores más utilizados</i>	11
Figura 9: <i>Modelo de inversor de batería.</i>	12
Figura 10: <i>Modelo de inversor de red</i>	13
Figura 11: <i>Batería almacenadora de energía</i>	14
Figura 12: <i>Insolación directa del Ecuador.</i>	15
Figura 13: <i>Conexión de baritas protegidas</i>	17
Figura 14: <i>Kit para una instalación solar fotovoltaica.</i>	19
Figura 15: <i>Circuito de corriente alterna (AC) del módulo de energía FV.</i>	24
Figura 16: <i>Medición de base y corte 0.89cm x 0.37cm.</i>	25
Figura 17: <i>Construcción de las bases horizontales.</i>	25
Figura 18: <i>Construcción de las bases horizontales.</i>	26
Figura 19: <i>Estructura donde se alojaran los elementos FV.</i>	27
Figura 20: <i>Montaje de paneles fotovoltaico sobre la estructura</i>	27
Figura 21: <i>Controlador de carga aislado.</i>	28
Figura 22: <i>Inversor automático de DC/AC.</i>	29
Figura 23: <i>Voltímetro y Amperímetro de DC</i>	31
Figura 24: <i>Medidor KWh CA</i>	31
Figura 25: <i>Caja de disyuntores CA.</i>	32
Figura 26: <i>Tomacorriente CA/DC</i>	32
Figura 27: <i>Soquetes de lámparas CA/DC.</i>	33

Figura 28: <i>Interruptores de pared CA/DC</i>	33
Figura 29: <i>Fluorescente LED DC</i>	34
Figura 30: <i>Bombilla LED AC</i>	34
Figura 31: <i>Barra de distribución</i>	35
Figura 32: <i>Banco de batería 12Vcc-40Ah</i>	35
Figura 33: <i>Lámpara reflector AC</i>	36
Figura 34: <i>Modulo de energía solar FV funcionando</i>	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Unidades de energía solar</i>	7
Tabla 2. <i>Eficiencia de tipos de paneles</i>	10
Tabla 3. <i>Cálculo de cargas a utilizar</i>	21
Tabla 4. <i>Cálculo de dimensionamiento de campo fotovoltaico</i>	22
Tabla 5. <i>Calculo de dimensionamiento de batería</i>	23
Tabla 6. <i>Datos de pantalla de las funciones de alerta</i>	28
Tabla 7. <i>Ficha técnica de inversor DC/AC</i>	29

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Insolación solar del Ecuador</i>	43
Anexo 2. <i>Generación del sistema solar fotovoltaico.</i>	44
Anexo 3. <i>Circuito de corriente continua (DC) del módulo.</i>	45
Anexo 4. <i>Estructura del módulo de entrenamiento de energía FV.</i>	46

1. INTRODUCCION

En la actualidad las fuentes de energía fósil explotadas terminarán agotándose, es por ello que es necesario tomar en consideración y contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, que incidan en la mitigación de los impactos del cambio climático, mediante la adopción de energías renovables para propiciar el ahorro de la misma y la disminución en costos de producción; y así incentivar a los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva, presentando un módulo de energía solar fotovoltaica a fin de optar a la implementación de energía limpia y aportar al desarrollo sostenible que ayude a coexistir en el planeta.

El presente proyecto contiene elementos tecnológicos que se deben utilizar para la generación de electricidad a través de los módulos de Silicio Amorfo, el modulo consta de los materiales necesarios para enseñar y fomentar de cómo está constituida de una correcta instalación fotovoltaica. Además el módulo de práctica de energía solar, cubre antecedentes, fundamentos, instalación, operación, mantenimiento y servicios de los sistemas alternativos de energía, y la conexión adecuada de los elementos eléctricos, electrónicos y los pasos requeridos para alcanzar los objetivos y tener mayor eficiencia. La mayoría de los componentes del módulo del sistema solar son de fácil uso y accesibles dentro del mercado nacional. Además el presente manual contiene información detallada sobre el mantenimiento de los equipos y fórmulas para facilitar la selección adecuada de los elementos a utilizar.

2. ANTECEDENTES

A través del tiempo y al cambio climático, la seguridad energética y las tendencias mundiales empiezan a marcar el ritmo de transición energética que se requiere para abastecer a la creciente demanda de energía. Los sistemas fotovoltaicos simples alimentan muchos artículos de bajo consumo como calculadoras, relojes de pulsera y los sistemas más sofisticados alimentan satélites de comunicaciones, bombas de agua, aparatos eléctricos, luces en el hogar y en lugares de trabajo.

La energía renovable dentro de las cuales se incluyen, la energía solar fotovoltaica, eólica, geotérmica, mareomotriz, podrían solucionar muchos problemas ambientales como el cambio climático, los residuos radioactivos, las lluvias ácidas y las contaminaciones atmosféricas.

Se han desarrollado algunos proyectos de energía renovable en distintas zonas del país con conexión a la red y aplicaciones aisladas, es decir con conexiones que satisfacen la demanda de energía de viviendas que no cuentan con electricidad.

En este proyecto se plantea realizar la instalación de los equipos eléctricos, electrónicos necesarios para generar energía solar en un módulo demostrativo que servirá para enseñar el proceso de instalación de un sistema fotovoltaico. Esto permitirá fomentar la enseñanza, aplicación e implementación de proyectos con energía limpia y renovable a los estudiantes y docentes de la institución.

RESUMEN

El presente proyecto consiste en la construcción de un módulo de energía solar fotovoltaica para un sistema de generación eléctrica a través de una conversión de energía solar a energía eléctrica. El principio de funcionamiento inicia al captar la radiación del sol sobre una de las caras de una célula fotoeléctrica del panel solar y se produce una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras que hace que los electrones salten de un lugar a otro, generando así corriente eléctrica. El sistema de generación y conversión está formado por paneles solares amorfo, controlador de carga, inversor y un banco de baterías.

El sistema de generación de energía consta de dos paneles de Silicio Amorfo de 30W conectadas en paralelo, banco de batería de ciclo profundo de 40 Ah, un regulador de carga para la conexión de los paneles solares con la carga y el banco de batería.

El módulo consta de un circuito de corriente continua que enciende tres lámparas fluorescentes de 10 vatios durante una hora por 3 días de autonomía y el circuito de corriente alterna consta de dos focos LED 8W de 110V y se mantiene encendido tres horas por dos días de autonomía.

PALABRAS CLAVES: Panel de silicio amorfo, corriente alterna, fotovoltaico, autonomía.

ABSTRACT

The present project consists in the construction of a photovoltaic solar energy module for an electrical generation system through a conversion of solar energy to electrical energy. The principle of operation begins by capturing the sun's radiation on one of the faces of a photoelectric cell of the solar panel and there is a difference in electrical potential between both faces that causes electrons to jump from one place to another, thus generating electric current. The generation and conversion system consists of amorphous solar panels, charge controller, inverter and a battery bank.

The power generation system consists of two 30W Amorphous Silicon panels connected in parallel, 40 Ah deep cycle battery bank, a charge controller for the connection of the solar panels with the load and the battery bank.

The module consists of a DC circuit that lights three 10-watt fluorescent lamps for one hour for 3 days of autonomy and the AC circuit consists of two 8W 110V LED bulbs and stays on three hours for two days of autonomy.

KEYWORDS: Amorphous silicon panel, alternating current, photovoltaic, autonomy.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Construir un Módulo de Energía Solar Fotovoltaica mediante Paneles de Silicio Amorfo en el Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio sobre la disponibilidad del recurso energético solar y tipo de módulos a emplear dentro del Instituto Tecnológico Vida Nueva.
- Analizar los requerimientos, para poder entregar la energía generada mediante paneles solares fotovoltaicos.
- Calcular y seleccionar los respectivos componentes del sistema generador de energía solar fotovoltaica.
- Implementar los componentes eléctricos en el módulo de energía solar fotovoltaica.

4. DESARROLLO O CUERPO PRINCIPAL

4.1. Marco Teórico – Conceptual

4.1.1. La energía.

Cada día durante toda la vida se realizan un sin número de actividades que requieren energía, cuanta más energía se tenga más rápido se puede realizar una actividad. La energía es la capacidad que tiene un cuerpo para realizar un trabajo.

La energía se puede encontrar en diferentes formas, la energía eléctrica, es transformada en luz, la energía del calor para poder cocinar nuestros alimentos, la energía de la combustión de un motor transformada en movimiento en una canoa, la energía de nuestros cuerpos transformada en energía potencial, energía cinética, energía potencial. (Criado, 2017, p.56).



Figura 1: *Formas de encontrar energía* .Criado, (2017).

4.1.1.1. Tipos de energía.

Cualquiera de estas fuentes es capaz de producir algún tipo o formas de energía que se conoce, energías renovables y no renovables.

4.1.1.2. Energía renovable.

Las energías renovables son aquellas que se producen o llegan en forma continua a la tierra y que a través del tiempo parecen ser inagotables, ya que son capaces de

regenerarse por medios naturales, entre las energías renovables, más utilizadas se puede mencionar la solar fotovoltaica, la eólica, la geotérmica, y la hidráulica. Orbegoso, (2010) Afirma que “las energías renovables son más amigables con el medio ambiente, lo que le permite tener una gran ventaja sobre las energías no renovables, pues en la producción de esta energía no se ocasiona contaminación al medio ambiente” (p.26).



Figura 2: *Producción de energía renovables .Orbegoso, (2010).*

4.1.1.3. *Potencial de la energía eléctrica renovable para la mejor calidad de vida.*

La energía eléctrica renovable no solamente ayuda a no contaminar al medio ambiente, también permite tener muchos beneficios en algunas actividades diarias, ha permitido mejorar o en ciertos casos acceder al uso de elementos que requieren uso de energía, los cuales, en cierto modo, permiten mejorar la calidad de vida; los aspectos más relevantes son en el hogar, salud, educación y seguridad, (Progrensa,2012,p.80).

4.1.1.3.1. *En el hogar.*

En el hogar cada uno puede usar la energía renovable en sus diferentes actividades, los niños y niñas pueden hacer los deberes de la escuela, los hombres y mujeres pueden escuchar la radio para recibir anuncios o realizar festejos, compartiendo tareas en la casa,

y los ancianos pueden ser de gran apoyo de las tareas de la comunidad, ya no sería necesario comprar combustible para generar electricidad para el uso del hogar.

4.1.1.3.2. *En salud.*

En los centros médicos se pueden dotar de equipos médicos más sofisticados, los cuales, permitirán prevenir y curar enfermedades. Los centros médicos también podrán contar con sistemas de refrigeración para medicamentos, en las comunidades se podrá atender emergencias médicas por las noches.

4.1.1.3.3. *Educación.*

Se podrá usar computadoras para facilitar y complementar las clases de informática. Las escuelas podrán tener una mayor iluminación en condiciones de poca claridad. Los profesores pueden usar computadoras e impresoras para imprimir sus informes, también podrán preparar las clases de una manera más didáctica con el uso del computador.

4.1.1.3.4. *Seguridad.*

En las comunidades se podrá tener luz por la noche en lugares de reuniones comunitarias, así como también en caminos, en donde podrán reunirse y caminar con mayor tranquilidad, evitando caídas o picadas de culebras.

Permite utilizar elementos de comunicación como radios de frecuencia, teléfonos, para comunicarse entre comunidades.

4.1.2. *Energía solar.*

La energía solar es una energía renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando.

Es la energía radiante producida en el Sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio en paquetes de energía llamados fotones(luz), que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres sin

la presencia del sol no existiría vida en la tierra. El planeta sería demasiado frío, no crecerían las plantas ni habría vida alguna, excepto algunas bacterias. Todos los recursos energéticos provienen indirectamente del sol. Los combustibles fósiles son plantas y árboles muy antiguos, que crecieron gracias a la luz solar y han sido comprimidos durante millones de años. La energía eólica e hidráulica es generada mediante procesos conducidos por el sol. La madera para combustible es obtenida de los árboles, los cuales no podrían crecer sin luz solar. (Biomass, 2012, p.5).



Figura 3: *Puesta de sol. Biomass, (2012).*

4.1.2.1. Energía solar fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica es aquella que transforma la energía del sol en energía eléctrica, y luego es almacenada para el uso directo y de forma racional, cuando sea necesario. Asociación Catalana (2017) menciona “La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esto se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores introducidos en paneles solares. Cuando la luz del sol incide en el panel solar genera una corriente eléctrica que se suele utilizar como fuente de energía” (p.40).

4.1.3. Sistema fotovoltaico y sus elementos

El modulo solar fotovoltaico es el componente encargado de transformar la radiación solar en energía eléctrica, está compuesto por regulador de carga, banco de batería, inversor, soportes.

Los sistemas fotovoltaicos (FV) convierten la luz solar directamente en electricidad, mediante el uso de lo que es conocido como “células solares”. Una célula solar está hecha de material semiconductor dispuesto en dos capas: P y N. Cuando la radiación del sol incide en la célula fotovoltaica en forma de luz solar, la línea de separación entre P y N actúa como un diodo. Los fotones con suficiente energía que inciden en la célula provocan que los electrones pasen de la capa P a la capa N. Un exceso de electrones se acumula en el lado N mientras que en el lado P se produce un déficit. La diferencia entre la cantidad de electrones es la diferencia de potencial o voltaje, que puede ser usado como una fuente de energía. Con tal de que la luz siga incidiendo en el panel, la diferencia de potencial se mantiene, incluso en días nublados, debido a la radiación difusa de luz (Biomass, 2012, p.6).

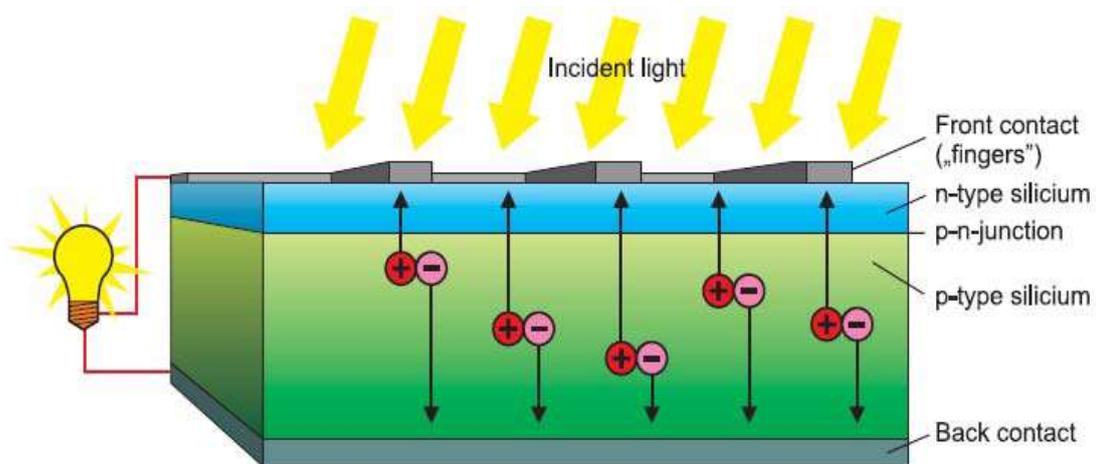


Figura 4: Vista general del proceso en una célula fotovoltaica .Biomass, (2012).

Tabla 1*Unidades de energía solar.*

UNIDAD	EXPLICACION	CONVERSION
Potencial solar		
Wp	Watt pico	
W	Watt	
KW	Kilowatt(1000W)	
W/m ²	Watt por metro cuadrado	
Energía Solar		a KWh/m²
KWh/m ²	KWh por metro cuadrado	1
KJ/cm ²	KJ por centímetro cuadrado	2.778
MJ/m ²	MJ por metro cuadrado	0.2778
KCal/cm ²	1000 Calorías por centímetro cuadrado	11.67
Btu/ft ²	Unidades térmicas británicas por pie cuadrado	0.0428
Langley	Calorías por centímetro cuadrado	0.0116

*Nota: Tomada de Biomass Users (2012).***4.1.3.1. Panel solar.**

Un panel solar es la unidad básica de construcción de un sistema FV y aquel que permite usar los rayos del sol como energía. Gómez, (2012). Afirma “un panel solar o módulo solar es un dispositivo que capta la energía de la radiación solar para su aprovechamiento” (p.8).

4.1.3.1.1. Panel monocristalino.

En los paneles solares monocristalinos las celdas de silicio monocristalino, son fáciles de reconocer por su coloración y aspecto uniforme que indica alta pureza en silicio.

Las placas solares monocristalinas están compuestas por células monocristalinas, son ese tipo de célula que, a simple vista, se puede diferenciar por su color “negro” y con las esquinas recortadas con un chaflán (resultado del corte de la célula). Son los módulos fotovoltaicos de más eficiencia que podemos encontrar, siempre superan en eficiencia y rendimiento a los policristalinos. El modo más común de fabricación de células de silicio monocristalino (sc-Si) consiste en partir de un lingote de un único cristal de silicio, obtenido por los métodos de Czochralski (Cz) o zona flotante (FZ),

y cortarlo en obleas que constituyen el sustrato sobre el que tendrá lugar todo el proceso restante (Gómez, 2012,p.80).



Figura 5: *Modulo monocristalino. Gómez, (2012).*

4.1.3.1.2. Panel policristalino.

Los paneles solares policristalinos están compuestos, por células policristalinas y podemos diferenciar por su color “azulado”.

Las células de silicio policristalino (mc-Si) también utilizan obleas de silicio como sustrato, pero a diferencia de las monocristalinas, éstas proceden del corte de un bloque de silicio que se ha dejado solidificar lentamente en un crisol y que está formado por muchos pequeños cristales de silicio. Los avances más recientes, como cortadoras de obleas con diamante utilizadas por fabricantes como Solar World, han supuesto una mejora en la eficiencia de utilización del silicio,(se desperdicia menos cantidad de material) y permiten obtener obleas de menos 200 micras de espesor, aunque este espesor está cerca de su límite físico pues debemos tener en cuenta que la célula debe ser lo suficientemente resistente para no romperse en su posterior manipulación para la fabricación del panel (Gómez, 2012,p.81).



Figura 6: *Modulo policristalino. Gómez, (2012).*

4.1.3.1.3. Panel silicio amorfo (capa fina).

La célula solar de capa fina de silicio amorfo es el mismo que las cristalinas pero su elaboración es muy diferente. Los aspectos característicos de esta tecnología son:

- Proceso de fabricación sencillo y de fácil automatización.
- Necesidad de poco material activo y reducción del gasto energético y del coste.
- Facilidad para realizar módulos flexibles y con óptima eficiencia cuántica en un amplio rango del espectro.

Las células de silicio amorfo han sido las primeras células de capa fina que se comenzaron a comercializar, sin embargo, debido a la bajada de precios experimentado por los paneles solares cristalinos, han ido perdiendo posiciones en el mercado y actualmente su implantación es muy reducida. La tecnología del silicio amorfo a-Si tiene una eficiencia considerablemente menor que las basadas en silicio cristalino, debido principalmente a la mala calidad del silicio utilizado, cuya estructura interna dificulta la recolección de los portadores foto generados. Sin embargo, son especialmente adecuadas para uso en interiores, en atmósferas con mucho polvo (Gómez, 2012, p.85).



Figura 7: Paneles silicio amorfo. Gómez, (2012).

Las placas solares de silicio amorfo no consisten en la unión de células individuales como en los paneles solares cristalinos, sino en una lámina cortada a medida en la que se observan unas tiras delgadas que separan las células, creadas y conectadas entre sí durante la elaboración del propio módulo, cuyo enmarcado facilita el manejo y el montaje del mismo. El rango de tensiones también es más amplio que en los de silicio cristalino, abarcando desde unos pocos voltios hasta decenas de voltios y que los hace interesantes también para sistemas de bombeo solar (Alonzo, 2015, p.30).

Tabla 2

Eficiencia de tipos de paneles.

Células	Silicio	Rendimiento Laboratorio	Rendimiento directo	Característica	Fabricación
	Monocrystalino	24%	15-18%	Típicos azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí.	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19-20%	12-14%	Superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules	Igual que el del monocrystalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización
	Amorfo	16%	10%	Tiene un color homogéneo (marrón), no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico

Nota: Tomada de Alonzo (2015).

4.1.3.2. Regulador de carga.

Es un dispositivo electrónico, que controla el flujo de la corriente de carga que proviene de los módulos hacia la batería. CNEL, (2010) afirma “Es el equipo que se encarga de controlar el estado de carga de las baterías y de regular la intensidad de la carga para conseguir alargar la vida útil de las baterías. Se emplea en instalaciones autónomas o aisladas en las que haya que cargar directamente unas baterías” (p.9).

Este equipo controla la entrada de corriente que proviene del panel solar para evitar que haya sobrecargas y también que las baterías se descarguen más de la cuenta. Habitualmente se emplean 2 clases de reguladores de carga, el PWM, y el MPPT o maximizador. Dependiendo del tipo de placa que se emplea, se deberá usar uno u otro como se muestra en la figura 8.

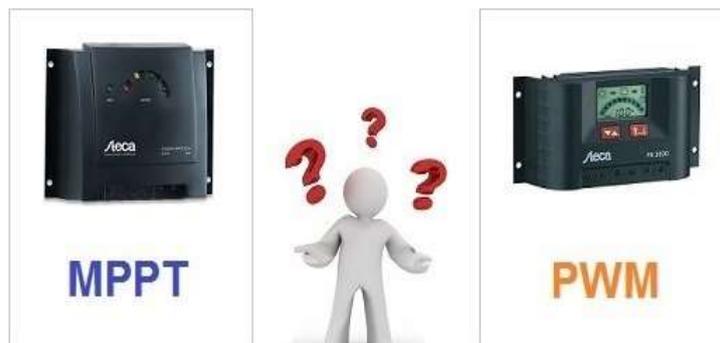


Figura 8: Reguladores más utilizados .CNEL, (2010).

La diferencia es que el PWM trabaja con un voltaje fijo y se deben instalar unas placas que aporten dicho voltaje y, en cambio, el MPPT trabaja buscando el punto de máxima potencia para así maximizar la intensidad aportada por las placas. Los paneles que se usan con el PWM son paneles pequeños, de los que se llaman de 12V o 24V, de 36 o 72 células. Con los MPPT se puede usar cualquier placa, por lo que se suele emplear los paneles usados para los parques solares o instalaciones conexión a red de 60 células, ya que son más baratos al ser más habituales.

4.1.3.3. Inversor.

Es aquel que se encarga de transformar la energía almacenada en el banco de batería, (12V DC-24V DC a 110V AC-220V AC).

Un inversor es un dispositivo que cambia o transforma una tensión de entrada de corriente continua a una tensión simétrica de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador. Se divide el apartado en dos tipos, los inversores de baterías y los inversores de red, pues tienen uso y funcionamiento diferente pese a que se llamen igual y conviertan, ambos, la corriente continua en corriente alterna. (CNEL, 2010, p.8).

4.1.3.3.1. Inversor de batería.

Es aquel que toma la corriente de una batería, a una tensión determinada y la pasa a corriente alterna, ya sea en monofásica o trifásica dependiendo del tamaño, normalmente en monofásica. Es decir, crea la onda adecuada como se muestra en la figura 9.



Figura 9: Modelo de inversor de batería. CNEL, (2010).

4.1.3.3.2. Inversor de red.

Son aquellos que se conectan directamente de los paneles y generan una onda en corriente alterna idéntica a la de la red que están conectados. Estos inversores no pueden funcionar si no existe otra red a la que se conecte, que bien puede ser la red pública u otra generada por un inversor de baterías o un generador como se muestra en la figura 10.



Figura 10: *Modelo de inversor de red. CNEL, (2010).*

Estos aparatos están limitados según el país donde se conectan en frecuencia y tensión para que siempre haga una onda igual que la que se encuentra. Los inversores de red se utilizan en los parques solares de venta de electricidad, en las instalaciones de autoconsumo y en las instalaciones aisladas con conexión AC-SIDE.

4.1.3.4. Batería.

Las baterías son los elementos encargados de almacenar la energía que se recoge durante el día para usarla cuando se necesite (día o noche).

Las baterías son los elementos donde se almacena la energía producida por las placas solares durante las horas de sol para que pueda ser utilizada cuando sea necesario, a la hora que sea. Las baterías almacenan siempre a un voltaje determinado, 12V, 24V, 40V y tienen una capacidad máxima que se mide, habitualmente, en Ah. Las baterías convencionales hasta ahora han sido de Plomo ácido en forma de líquido o gel, las cuales pueden presentar problemas de estabilidad, mantenimiento o durabilidad (Asociación Catalana, 2017, p.55).



Figura 11: *Batería almacenadora de energía*. CONELEC, (2008).

4.1.3.5. Ubicación geográfica.

La ubicación es un lugar, un sitio o una localización donde está ubicado algo o alguien en determinado sitio.

La cantidad de insolación global o total que incide al día sobre los módulos solares, se expresa en kWh/m² /día o su equivalente en horas de sol máximo u horas pico (HSP). Este dato se puede obtener en el “Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica”, dividiendo el valor dado por el Atlas entre 1 000 para obtener Kilovatios, ya que las unidades del Atlas están en Wh/m² /día. (CONELEC, 2014, p.7) como se muestra en la figura 12.

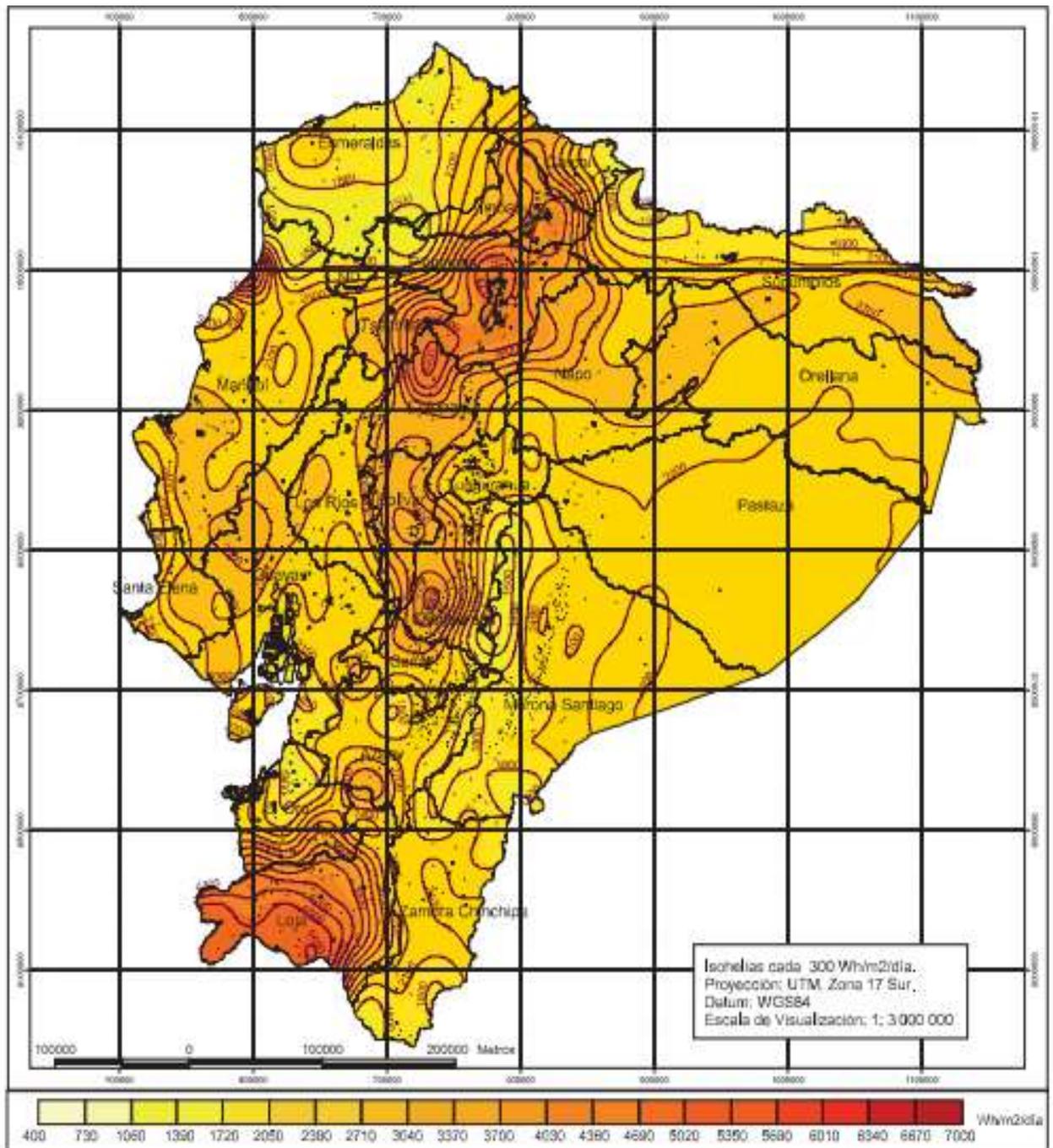


Figura 12: *Insolación directa del Ecuador. CONELEC, (2014).*

4.1.3.6. *Ubicación e inclinación.*

La inclinación óptima para los sistemas FV varía con la latitud. En el hemisferio norte la orientación óptima de los módulos FV es hacia el sur, y lo contrario para el hemisferio sur.

Si la orientación no es hacia el sur, pero es, por ejemplo, hacia el sureste o el suroeste, la producción de electricidad se reduce en unos pocos puntos porcentuales. El ángulo óptimo de inclinación, con respecto a la horizontal, es aproximadamente de 41° en el norte de Europa, 35° en Europa Central, y unos 32° en el sur de Europa. El ángulo de inclinación óptimo es mayor durante el invierno y menor durante el verano (Progresa, 2010, p.18).

4.1.3.7. Consumo energía.

El consumo energético es el gasto total de energía para un proceso determinado, enfocados en hogares, industrias y transporte.

De acuerdo a la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), en la actualidad el precio varía entre los 6 y 8 centavos de dólar por kilovatio-hora y se proyecta en la próxima década este monto caiga a más de la mitad. Enfocándonos en los hogares, el consumo energético está integrado por el consumo de energía eléctrica y de gas, de gasoil y biomasa, y también en transporte de particulares y público, que se concreta en el consumo de productos derivados del petróleo. Por otro lado, de forma lógica, el concepto de consumo energético está inversamente conectado a la eficiencia energética, de tal forma que según aumenta el gasto de energía por servicio prestado, la eficiencia energética disminuye (FAO, 2010, p.90).

4.1.3.8. Riesgos eléctricos.

Son aquellos producidos por instalaciones eléctricas, partes de las mismas, y cualquier dispositivo eléctrico bajo tensión, con potencial de daño suficiente para producir electrocución y quemaduras. CNEL,(2010) menciona “Las baterías de acumulación pueden presentar riesgos de cortocircuitos.

El mantenimiento básico de la batería de la acumulación comprende las siguientes acciones” (p, 10).

1. Verificar que el local de ubicación de las baterías de acumulación esté bien ventilado y que las baterías se encuentren protegidas de los rayos solares.
2. Mantener el nivel de electrolito en los límites adecuados (adicione solamente agua destilada cuando sea necesario para reponer las pérdidas ocasionadas durante el gaseo).
3. Limpiar la cubierta superior de la batería y proteja los bornes de conexión con grasa antioxidante para evitar la sulfatación como se muestra en la figura 13.



Figura 13: *Conexión de baritas protegidas. CNEL, (2010).*

4. Revisar que los bornes de conexión estén bien apretados.
5. Verificar que el uso de las baterías sea el adecuado y que su estructura de soporte este segura y en buen estado.

4.1.4. *Mantenimiento al controlador de carga.*

1. Mantener el controlador de carga colocado en posición correcta, lugar limpio, seco y protegido de los rayos solares.
2. Chequear el funcionamiento correcto del controlador de carga. Si detecta ruidos anormales, contacte al personal especializado.
3. Verificar que las conexiones estén correctas y bien apretadas.
4. Chequear que el fusible de entrada este en buen estado

4.1.5. Mantenimiento al inversor o convertidor DC/AC

1. Verificar que el área de ubicación del inversor se mantenga limpia, seca y bien ventilada.
2. Verificar que el inversor este protegido de los rayos solares.
3. Comprobar que el inversor funciona adecuadamente y que no se producen ruidos extraños dentro de él. En caso de que la operación sea defectuosa o no funcione, contacte al personal especializado.

4.2. Procedimiento – Metodología

4.2.1. Diseño.

La cantidad de electricidad que producen los paneles de 30W, es aproximadamente proporcional a la intensidad y al ángulo de la luz que incide. Los paneles de Silicio Amorfo, por lo tanto, son posicionados para aprovechar al máximo la luz disponible dentro de las limitaciones de su colocación.

Para la implementación de este módulo de entrenamiento una de las cosas que debe tomar en cuenta primordialmente, es la adquisición de todos los materiales y elementos, para el montaje de proyecto de aplicación práctica el cual se desarrolló como se muestra en la figura 14.



Figura 14: Kit para una instalación solar fotovoltaica. Elaboración propia, (2019).

El procedimiento para el diseño de este tipo de instalaciones fotovoltaica sigue los siguientes pasos:

1. Determinar la radiación incidente en el plano de los módulos.
2. Definir los elementos del sistema solar fotovoltaico utilizando adecuadamente.
3. Establecer las cargas a satisfacer.
4. Determinar la radiación incidentes el lugar de instalación del módulo.
5. Fijar las pérdidas.
6. Comprobar la potencia mínima.

4.2.1.1. Diseño de generación.

Para la generación de energía se utiliza dos paneles de Silicio Amorfo (capa fina) de 30W conectadas en paralelo, Banco de batería de ciclo profundo de 40 Ah, un regulador de carga para la conexión de los paneles solares con la carga y el banco de batería, como se muestra en anexo 2.

Para el módulo de energía solar fotovoltaica, (FV) es necesario una serie de cálculos para tener mayor precisión en el dimensionamiento como es del panel, batería, inversor, etc.

4.2.1.1.1. Cálculo de consumo de energía.

Para el cálculo de la carga real necesaria a suministrar por el sistema fotovoltaico L, se calcula teniendo en cuenta las eficiencias y pérdidas de los distintos subsistemas que intervienen en el sistema fotovoltaico.

$$L = L_{dc} + \frac{L_{ac}}{\eta_{inv}}$$

Dónde:

L: carga real necesaria (Ah/día)

L_{dc}: cargas en corriente continua (Ah/día)

L_{ac}: cargas de corriente alterna (Ah/día)

η_{inv} : eficiencia media del inversor

El siguiente cuadro muestra cómo se debe calcular la estimación de carga:

Tabla 3

Cálculo de cargas a utilizar.

HOJA DE CARGA												
Elemento	Cantidad	x Tensión	x Intensidad unit.	Potencia unit.	= Watos		x Uso	x Uso	÷ 7	W-h		
		V	A	W	AC	DC	h/día	días/semana		días	AC	DC
Iluminacion	3			10			30	2	7	7	0	60
Iluminacion	2			8.8	17.6			2	7	7	35	
Inversor	1			250	250				7	7	0	
							0					
			Potencia AC		267.6				Carga diaria AC		35	
			Potencia DC				30		Carga diaria DC			60
												95

Fuente: Elaboración propia (2019).

4.2.1.1.2. Cálculo del generador fotovoltaico.

La potencia pico del generador FV es determinada teniendo en cuenta la radiación total en la zona donde se instalara los módulos. El cálculo de números de módulos viene dado por la siguiente expresión:

$$N = N_{pp} \times N_{ps}$$

$$N_{ps} = \frac{V_{ng}}{V_{np}}$$

$$N_{pp} = \frac{L}{Im \cdot G}$$

Dónde:

Nps: Número de módulos asociados en serie para trabajar a la tensión nominal del sistema.

Npp: Número de módulos asociados en paralelo para entregar intensidad adecuadas.

Vng: Tensión nominal de la instalación.

Vnp: Tensión nominal del módulo: 12V DC (24V DC en algunos casos especiales).

L: Energía real a suministrar (Ah)

Im: Valor medio que toma la intensidad en el rango de tensión de trabajo desde la máxima potencia al corto circuito.

G_{dm} (β): Radiación global diaria media mensual sobre el plano inclinado en el peor mes.

Dimensionamiento de los paneles solares necesarios, dependiendo el tipo de panel y la radiación solar directa existe en el Ecuador y en el lugar donde se realiza la instalación fotovoltaica para mayor eficiencia al momento de transformar la radiación solar en energía eléctrica, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Cálculo de dimensionamiento de campo fotovoltaico.

DIMENSIONADO CAMPO FOTOVOLTAICO						
W h/día	= Eficiencia batería %	= Horas solares pico HSP	= Factor Temperatura %	= Factor pérdidas sistema %	= Factor Sombrado %	= Watts pico promedio
99,1	80	3600	0,88	0,85	0,9	0
Watts pico Wp	= W pico panel	= Paneles	Potencia total			
0,05	300	1	300			
Tensión DC paneles V	= Tensión nominal panel V	= Paneles en serie	Numero filas			
24	12	2	0,5			
Especificaciones panel fotovoltaico		Marca				
		Modelo				

Fuente: Elaboración propia (2019).

4.2.1.1.3. Cálculo de la batería.

Es necesario estimar el número de días de autonomía requerido en la instalación, días seguidos sin sol que pueden darse donde se instalaran los módulos. Es de importancia tener un dimensionamiento adecuado de carga dentro de una instalación solar fotovoltaica, la batería no debe ser descargadas más del 60% para tener una mayor eficiencia y vida útil de la batería.

El sistema de acumulación, en Ah estará determinado de la siguiente formula:

$$CAh = \frac{L \cdot d}{Pd}$$

Dónde:

C: Capacidad de la batería (Ah).

L: Carga real de consumo (Ah/día).

d: Días de autonomía de la instalación depende de la zona y el uso o finalidad de la aplicación.

Pd: profundidad de descarga máxima en parámetros de 0,5 para baterías de carro, 0,6 para baterías placas planas espesas y 0,8 para baterías tubulares.

Tabla 5

Calculo de dimensionamiento de batería.

DIMENSIONADO BATERÍAS				
Carga diaria AC	÷ Eficiencia inversor	÷ Carga diaria DC	÷ Tensión DC	= A-h/día
W-h	%	W	V	
35	90	60	24	4,3
A-h/día	x Días de autonomía	÷ Limite de descarga	÷ Capacidad batería	= Baterías en paralelo
A-h	-	%	A-h (C10)	
4,3	2	50	400	0
Tensión DC	÷ Tensión batería	= Baterías en serie	x Baterías en paralelo	= Numero baterías
V	V	-		
24	6	4	0	0
Especificaciones batería	Capacidad total		0 Ah	
	Tensión de trabajo		24 V	

Fuente: Elaboración propia (2019).

4.2.1.1.4. Cálculo del regulador de carga.

Para la selección del regulador de carga, se realizara en función de la aplicación y la función nominal del sistema y la corriente máxima de generación.

$$I_{mg} = N_{pp} \cdot I_{cc}$$

Dónde:

L_{mg}: Intensidad máxima a soportar en régimen nominal por el regulador.

N_{pp}: Numero de módulos en paralelo que constituyen el generador fotovoltaico.

I_{cc}: Intensidad de cortocircuito del módulo fotovoltaico.

4.2.1.2. *Diseño eléctrico.*

El diseño eléctrico del módulo de practica está constituido por paneles solares que son el generador principal , conectado a un regulador de carga que se encarga de distribuir a la cargas de corriente continua, con conexión a la batería seguido al inversor donde transformara de corriente continua a corriente alterna, como se muestra en anexo 2.

El sistema eléctrico del módulo de práctica, está compuesto por tubos led 10W DC, salidas de 12v DC, medidores de corriente y voltaje DC, como se muestra en el anexo 3.

Consta de un circuito eléctrico de corriente alterna Con bombillas de 8.8W Ac y salida de 110V para el consumo. Como se muestra en la figura 15.

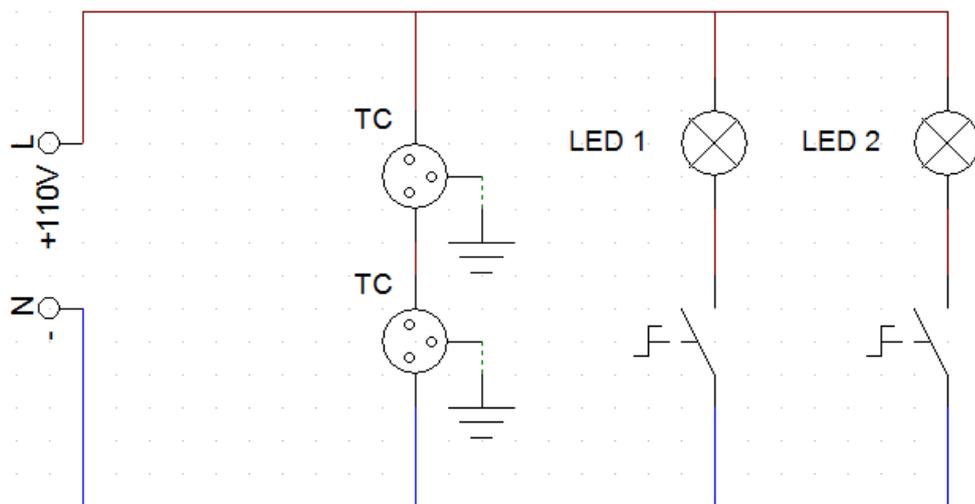


Figura 15: Circuito de corriente alterna (AC) del módulo de energía FV. Elaboración propia, (2019).

4.2.2. Construcción.

4.2.2.1. Estructura

1. Medición y corte de las tuberías cuadrada y los ángulos a las medidas requeridas para la construcción del módulo como se muestra en la figura 16 y los planos en anexo 4.



Figura 16: *Medición de base y corte 0.89cm x 0.37cm. Elaboración propia, (2019).*

2. Una de las partes principales para el montaje de este módulo de entrenamiento fue el montaje de una base de 89cm de ancho donde se alzara la estructura del módulo como se muestra en la figura 17.



Figura 17: *Construcción de las bases horizontales. Elaboración propia, (2019).*

3. Soldado, armado y devastado de la estructura con medidas, horizontal de 0.89cm y vertical de 1.50m donde van alojados los elementos que conforman la una instalación fotovoltaica como se muestra en la figura 18.

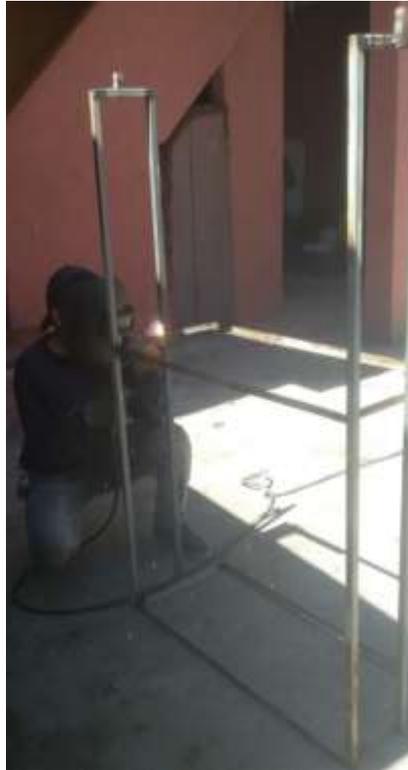


Figura 18: *Construcción de las bases horizontales. Elaboración propia, (2019).*

4. Armado de la estación de trabajo móvil la cual es el chasis principal, está constituido con tubería metálica y madera en donde se realiza la configuración del equipo e instalación de los componentes del sistema solar fotovoltaico para los experimentos, también es usado para el posterior almacenamiento de todos los componentes como se muestra en la figura 19.



Figura 19: Estructura donde se alojaron los elementos FV. Elaboración propia, (2019).

4.2.2.2. Elementos del sistema eléctrico.

4.2.2.2.1. Montaje de paneles de Silicio Amorfo.

Realizados los cálculos los paneles de silicio de amorfo, fueron colocados sobre la estructura para la generación de la energía eléctrica en el módulo como se muestra en la figura 20.



Figura 20: Montaje de paneles fotovoltaico sobre la estructura. Elaboración propia, (2019).

4.2.2.2.2. Montaje de regulador de carga.

Seguido se procede el montaje que va sujeta con pernos sobre la estructura para, el controlador de carga Phocos de 15A, para controlar y acondicionar la energía solar para que cargue el banco de baterías de manera adecuada como se muestra en la figura 21.

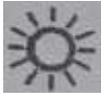


Figura 21: Controlador de carga aislado. Elaboración propia, (2019).

Tomar en cuenta los parámetros de función del controlador de carga solar antes de realizar el montaje en la estructura del módulo como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6

Datos de pantalla de las funciones de alerta.

LED	Estado	Función
	encendido	Controlador conectado a la batería, noche detectada
	flash	Controlador conectado a la batería, día detectado
	apagado	No hay batería conectada
	encendido	Baja carga/desconexión por alta tensión
	flash	Carga bajo sobre corriente
	apagado	Carga ok
	encendido	Atenuado debido a la LVD/HVD
	apagado	Atenuado por tiempo controlado

Nota: Tomada de Phocos Cis (2018).

4.2.2.3. Montaje de inversor DC/AC

Se comenzó el montaje del inversor de voltaje ISOVERTER ISOFOTON automático de onda senoidal pura de 250W y controlado por modulación de anchuras de pulso, la cual transforma de CC/CA de (120V, 60Hz) a partir de una tensión de entrada de 12V o 24V, procedente de la batería como se muestra en la figura 22.



Figura 22: Inversor automático de DC/AC. Elaboración propia, (2019).

El inversor que está en el módulo de energía solar, cuenta con la ficha técnica y sus características como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7

Ficha técnica de inversor DC/AC.

CARACTERISTICAS	ISOVERTER 250/12	ISOVERTER 250/24
FISICAS		
Largo	220mm	
Ancho	140mm	
peso	3.5kg	
Profundidad	95mm	
ELECTRICAS		
Forma de onda de salida	Senoidal pura	
Tensión nominal de entrada	12V 24V	

Rango de tensión de entrada	10-18V 20-36V
Potencia nominal de salida	250W
Tensión nominal de salida	230 o 120V
Variación de la tensión de salida	≤2%
Frecuencia nominal	50 O 60hZ
Variación de la frecuencia	≤ 0.1%
Rendimiento medio	80%
Distorsión armónica con carga resistiva	<4%
Funcionamiento en stand-by	Ajustable desde 5W
Potencia máxima admisible	>300W (3minutos) 400W(1 minuto) >400W (3 segundos)
Autoconsumo	<50mA
CONSTRUCTIVAS	
Protección contra polaridad inversa	si
Protección contra sobrecarga	Si temporizada en función de la potencia demandada
Protección contra cortocircuito	Si temporizada (10 s)
Protección contra sobre temperatura	si
Protección contra alta/baja tensión de batería	si
Tropicalización de los circuitos	si
Rango de temperatura de funcionamiento	0-40 °C a plena carga
Rearme desconexión sobre temperatura	Automático
Rearme desconexión tensión alta/baja	Automático
R. desconexión cortocircuito/sobrecarga	Manual
Ventilación	Forzada, controlada por temperatura
Caja	Aluminio anodizado
Pintura	Epoxi al horno

Nota: Tomada de ISOVERTER (2001)

4.2.2.2.4. Montaje de elementos eléctricos y electrónicos.

1. Montaje sobre la estructura del módulo de voltímetro(V) de 0 a 20VDC y Amperímetro(A) de 0 a 750mA para un mejor control como se muestra en la figura 23.



Figura 23: Voltímetro y Amperímetro de DC. Elaboración propia, (2019).

2. Montaje de medidor electrónico de energía de corriente alterna en KWh, como se muestra en la figura 24.



Figura 24: Medidor KWh CA. Elaboración propia, (2019).

3. Montaje de caja de disyuntores de AC reajustables de 32A, utilizados para la protección del circuito del sistema de 120Vca como se muestra en la figura 25.



Figura 25: *Caja de disyuntores CA. Elaboración propia, (2019).*

4. Montaje de tomacorriente de 120VCA (15 A) y tomacorriente de 12VDC para la distribución de potencias como se muestra en la figura 26.



Figura 26: *Tomacorriente CA/DC. Elaboración propia, (2019).*

5. Montaje de soquetes eléctricos de lámparas de 120VCA/12VDC sobre la estructura del módulo de energía solar como se muestra en la figura 27.



Figura 27: *Soquetes de lámparas CA/DC. Elaboración propia, (2019).*

6. Montaje de interruptores eléctricos de CC/CA de 120Vca/12Vcc para interrumpir la energía distribuida como se muestra en la figura 28.



Figura 28: *Interruptores de pared CA/DC. Elaboración propia, (2019).*

7. Instalación de Tubo fluorescente de luz LED (10W) de 12Vcc para usar como carga de los circuitos del módulo de energía solar fotovoltaica, como se muestra en la figura 29.



Figura 29: *Fluorescente LED DC. Elaboración propia, (2019).*

8. Instalación de bombilla LED de luz (8,8W) de 120Vca para usar como carga de los circuitos del módulo de energía solar fotovoltaica como se muestra en la figura 30.



Figura 30: *Bombilla LED AC. Elaboración propia, (2019).*

9. Barra de distribución negativa y positiva de 12Vcc para llegada de la energía del panel y distribuir el voltaje de la batería a diferentes puntos del sistema, como se muestra en la figura 31.

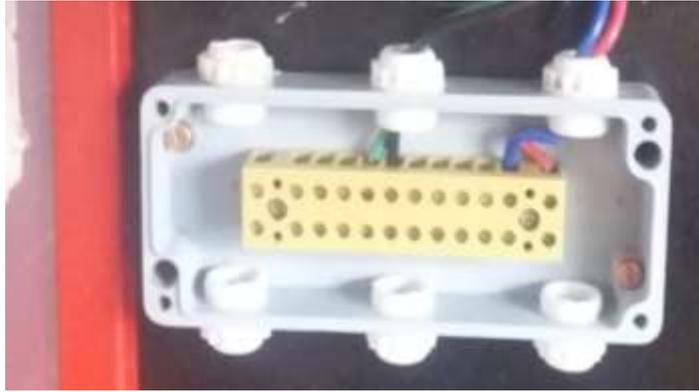


Figura 31: Barra de distribución. Elaboración propia, (2019).

10. Una vez montado todos los elementos necesarios para la adecuada instalación de energía solar fotovoltaica y sus protecciones, se procede al montaje del banco de batería la cual va almacenar la energía 12Vcc, para la distribución del circuito, como se muestra en la figura 32.



Figura 32: Banco de batería 12Vcc-40Ah. Elaboración propia, (2019).

11. Montaje de lámpara reflectora de 120Vca para iluminar el panel solar y simular energía solar como se muestra en la figura 33.



Figura 33: Lámpara reflector AC. Elaboración propia, (2019).

12. Comprobar el correcto funcionamiento de módulo de práctica de energía solar con paneles de Silicio Amorfo como se muestra en la figura 34.

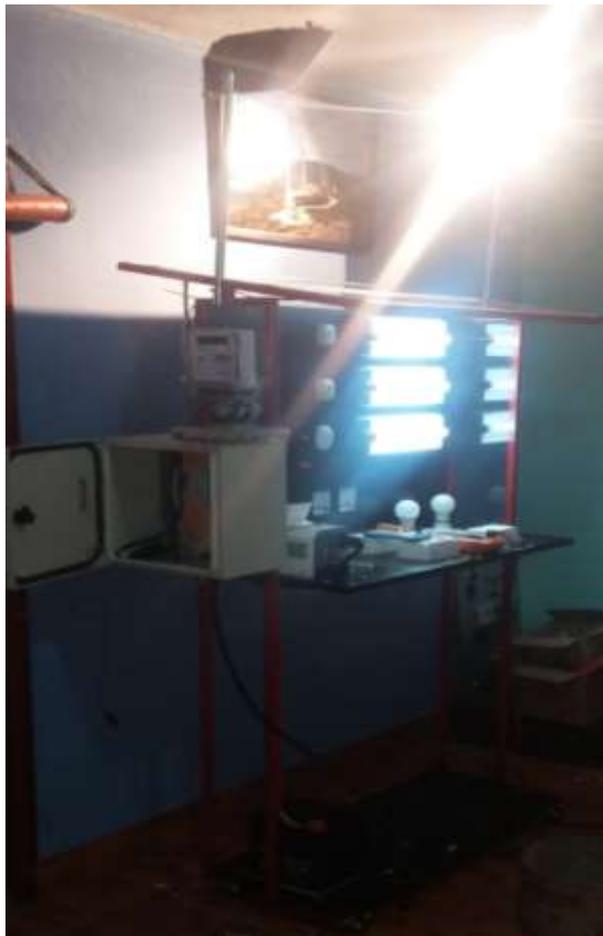


Figura 34: Módulo de energía solar FV funcionando. Elaboración propia, (2019).

4.2.3. Implementación.

El módulo de práctica consta, por un circuito de corriente continua, el cual enciende tres lámparas fluorescentes de 10w, durante una hora por 3 días de autonomía. El circuito de corriente alterna consta de dos focos LED 8W de 110V, se mantiene encendido tres horas por dos días de autonomía.

En la salida de la carga (110V), se implementa un televisor, computador de 14 pulgadas o equipo que no sobrepase la potencia de salida del circuito. La instalación realizada con paneles de silicio amorfo tiene una gran ventaja, de mantener la carga del banco de batería con la luz del día y carga el 100% con la radiación de la luz solar.

4.2.3.1. *Mantenimiento del sistema solar fotovoltaico*

La operación que realice el usuario en la instalación de energía solar fotovoltaica, dependerá de la vida útil del sistema y el funcionamiento correcto.

Limitaciones y cuidados que se debe tener con los elementos que conforman la instalación de energía solar.

- Lanzar objetos contundentes sobre los paneles solares de silicio.
- Tocar las conexiones de los paneles y provocar un corto circuito.
- Lavar los paneles con objetos abrasivos o cepillos de metal.
- Colocar cosas encima de los paneles, eso disminuye su captación solar y su rendimiento.
- Conectar equipos en corriente alterna a las fuentes de energía en corrientes continuas o viceversa.
- Conectar equipos de los que se desconozca su potencia o que estén en mal estado, ya que saltarán las protecciones.
- Conectar un generador al sistema fotovoltaico.

- Cambiar de posición una instalación sin ayuda del responsable técnico.

Es muy importante un mantenimiento preventivo de cada elemento que conforma el módulo de energía solar que puede ser facilitado por un técnico, esto se debe dar a cada uno de los equipos del sistema solar individual

4.2.3.1.1. Panel solar silicio amorfo.

- Comprobar que los paneles estén limpios.
- Comprobar visualmente el buen estado físico de los paneles.

4.2.3.1.2. Regulador phocos.

- Comprobar el buen estado físico del regulador e identificar las posibles alarmas.
- Comprobar la buena sujeción del cableado.
- Si fuera necesario desconectar el regulador, desconectar primero los paneles el inversor, las cargas y las baterías al reconectar, lo primero que se debe conectar son las baterías.

4.2.3.1.3. Batería ritar Dc de 12V-40Ah.

- Comprobar el buen estado de los bordes y capuchones de conexión.
- Chequear el voltaje de la batería desconectada del regulador y del inversor si hay alguna falla.

4.2.3.1.4. Inversor Isoverter Isofoton.

- Comprobar a través de sus indicadores el funcionamiento normal del equipo.
- Mantener en un lugar ventilado.

4.2.3.1.5. Gabinete.

- Revisar el buen estado del gabinete del exterior y del interior.

5. CONCLUSIONES

- La utilización de paneles fotovoltaicos en la ciudad de Quito, tienen buenos resultados energéticos, económicos y ambientales debidos a su ubicación y poca variación de irradiación durante el año.
- Los módulos de Silicio Amorfo son más resistentes a las sombras o circuitos simples, lo cual permite seguir generando energía, manteniendo a los equipos o cargas con la misma eficiencia.
- Mediante los cálculos de energía solar fotovoltaica se determina el tiempo de autonomía necesarios a utilizar y elección de equipos adecuados.
- La instalación de energía solar fotovoltaica depende mucho de los tipos de elementos a emplear, conexión adecuada y la radiación existente en la zona donde se encuentra dicha instalación, para garantizar su eficiencia y rendimiento en la generación eléctrica.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar una inspección previa de las conexiones de los elementos que conforman el modulo antes de realizar el encendido o practica sobre el mismo, para evitar cortocircuitos en el sistema solar fotovoltaico.
- Realizar una tabla de equipos de consumo a utilizar para realizar los respectivos cálculos y así utilizar los paneles adecuados, inversor, regulador y el banco de batería, para mayor eficiencia y durabilidad de los equipos que conforman el sistema solar fotovoltaico.
- No emplear objetos que puedan deteriorar la superficie del panel al momento de realizar el mantenimiento o limpieza, ya que podría deteriorar su poder de captación de radiación solar.
- Al realizar el mantenimiento desconectar los disyuntores y protecciones que presenta el modulo, el panel del regulador y el banco de batería para garantizar la seguridad del técnico que realice el trabajo.

7. FUENTES

7.1. BIBLIOGRAFIA

Asociación Catalana de Ingeniería Sense Fronteres. (2017), *Energía Renovable fotovoltaicas*, Ambato, Ecuador: EEASA

Alonzo, A. (2015). *Sistemas Fotovoltaicos, Introducción al diseño y dimensionado*. Zaragoza, España: SAPT de publicaciones técnicas.

Biomass Users, C.R. (2012), *Manual sobre energía renovable Solar Fotovoltaica*. Network, EEUU: San José.

CONELEC. (2014). *ATLAS SOLAR DEL ECUADOR, Con fines de generación eléctrica*, Quito, Ecuador:

Criado, V. (2017). *Manual Práctico Energía Fotovoltaica, Evaluación de una instalación fotovoltaica*, Madrid, España: Leonardo ENERGY.

CNEL, (2010). *Mantenimiento y uso adecuado del sistema solar fotovoltaico*. Francisco de Orellana, Ecuador: Sense Fronteres.

FAO, B. (2010). *Energía solar fotovoltaica*, Roma, Italia: Van campen 2000.

FENERCA, (2015). *Modelos empresariales para servicios de energías renovables*, San José, Costa Rica: BUN-CA.

Fronteras, B. (2009). *Ingeniería en Energía solar fotovoltaica*, Barcelona, España: Cooperación y tecnología.

Gomez, V. (2012). *Tipos de energías*, recuperado el 4 de diciembre de 2018: <https://www.elpopular.pe/series/escolar/2015-09-17-la-energia>.

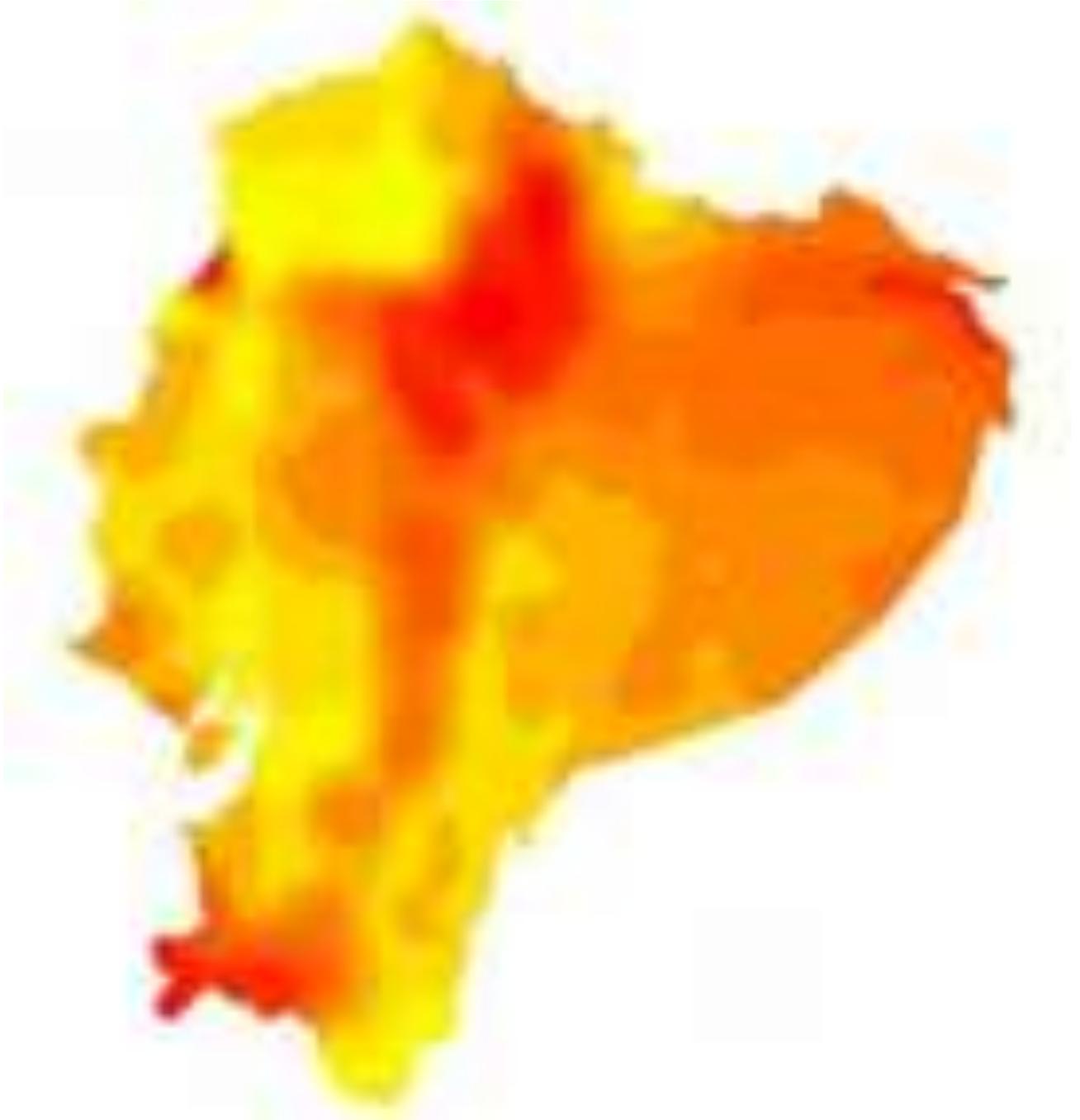
Phocos, CIS (2018), *Manual de instrucciones para controlador de carga, For Solar Systems*, Berlín, Alemania: RoHS.

Progresna (2012), *Energía Solar Fotovoltaica*, recuperado el 13 de enero de 2019:
www.quetzalingenieria.es/blog/componentes-instalacion-fotovoltaica/.

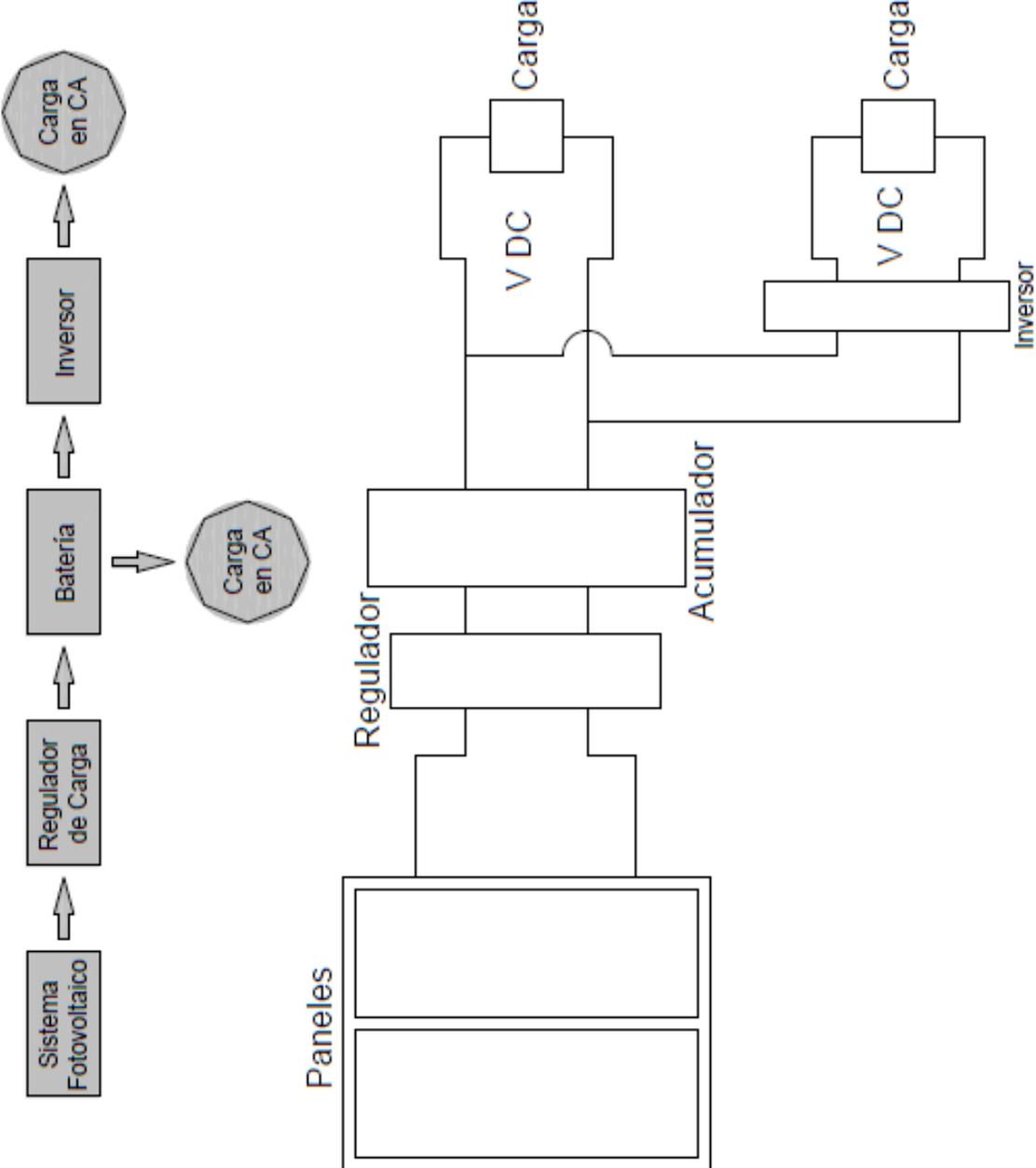
Orbegozo,C. (2010).*Manual técnico para instalaciones domiciliarias, Energía Solar Fotovoltaica*, Quito, Ecuador: ded.

8. ANEXOS

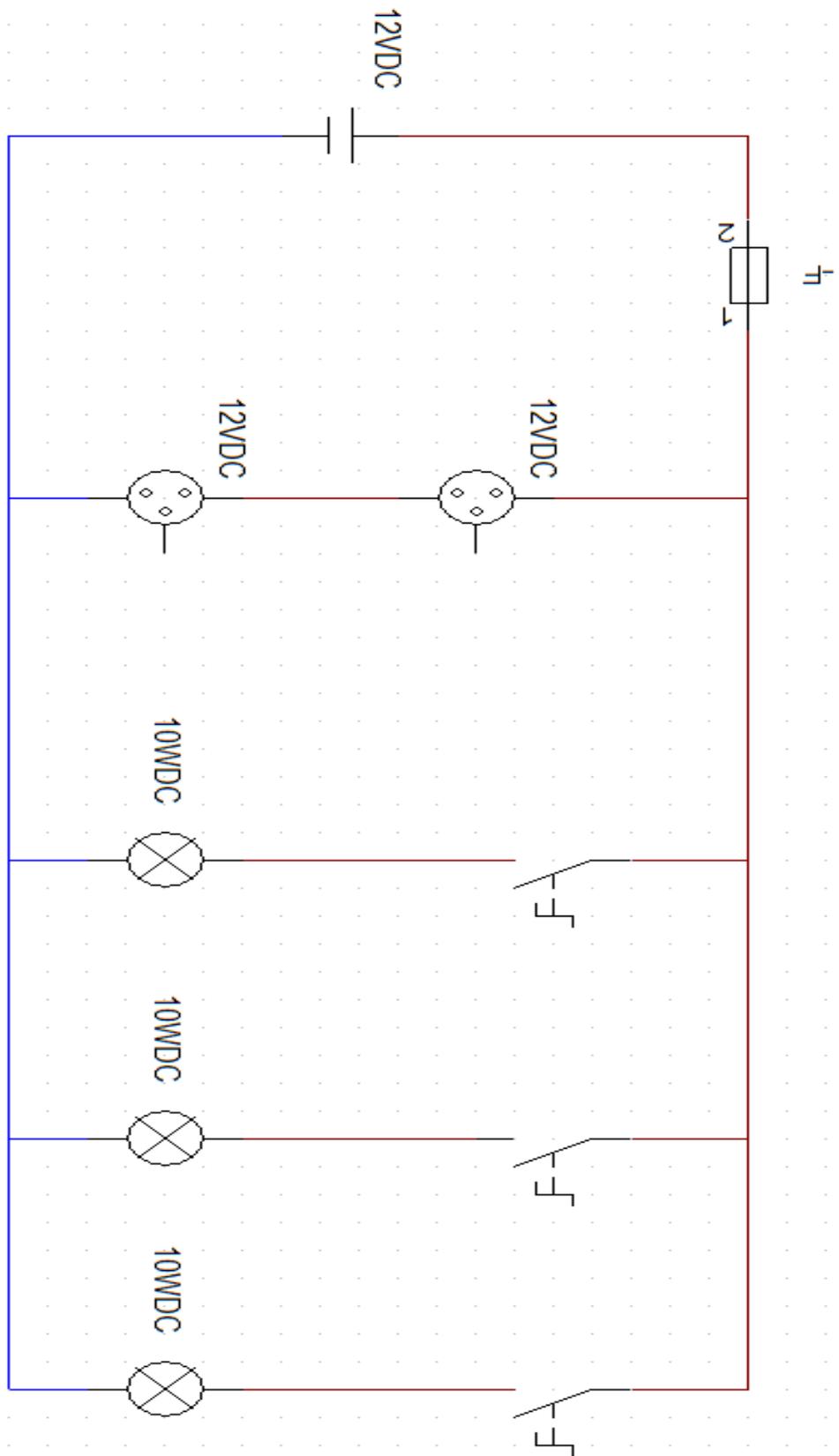
Anexo 1. *Insolación Solar del Ecuador, CONELEC. (2008).*



Anexo 2. Generación del sistema solar fotovoltaico. Elaboración propia, (2019).



Anexo 3. Circuito de corriente continua (DC) del módulo. Elaboración propia, (2019)



Anexo 4. *Estructura del módulo de entrenamiento de energía FV. Elaboración propia, (2019).*