



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**Sede Santo Domingo**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS  
NATURALES**

Informe del proyecto técnico para obtener el título de:  
**INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

**IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA CARGA DE  
CELULARES Y COMPUTADORES PORTÁTILES EN LA UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL SD**

**Autor:**

**JOSÉ GUSTAVO SANTILLAN ZURITA**

**Director:**

**ING. ARTURO FALCONÍ, *MSc.***

Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador

Febrero - 2017

**IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA CARGA DE  
CELULARES Y COMPUTADORES PORTÁTILES EN LA UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL SD**

Ing. Arturo Falconí, *MSc.*  
**DIRECTOR**

---

**APROBADO**

Ing. Miriam Recalde, *MSc.*  
**PRESIDENTE(A) DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Xavier Orbea, *MSc.*  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

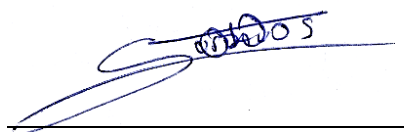
Ing. Judith Garcia, *MSc.*  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Santo Domingo,.....de.....del 2017

Autor:	<b>JOSÉ GUSTAVO SANTILLAN ZURITA</b>
Institución:	<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL</b>
Título:	<b>IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA CARGA DE CELULARES Y COMPUTADORES PORTÁTILES EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL SD</b>
Fecha:	<b>FEBRERO, 2017</b>

El contenido del presente trabajo está bajo la responsabilidad del autor y no ha sido plagiado.



---

José Gustavo Santillan Zurita  
C.I. 1723772156

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**  
**Sede Santo Domingo**

Santo Domingo, 7 de febrero del 2017

Ing. Miriam Natividad Recalde  
**COORDINADORA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y  
MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

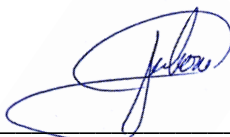
Presente.

De mis consideraciones.-

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo escrito de titulación realizado por el señor: **JOSÉ GUSTAVO SANTILLAN ZURITA**, cuyo título es: **“IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA CARGA DE CELULARES Y COMPUTADORES PORTÁTILES EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL SD”**, ha sido elaborado bajo mi supervisión y revisado en todas sus partes, el mismo que no ha sido plagiado, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Particular que informo para fines pertinentes.

Atentamente.



---

Ing. Manuel Falconí  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

# *Dedicatoria*

*Por ser mi motivación día a día, por ser mi guía, razón para seguir adelante, dedico este trabajo de titulación a mis padres José Santillán y Elva Zurita, por acompañarme en el desarrollo personal y espiritual dedico este proyecto técnico a Sonia Erazo por ser la persona que guio mi camino Universitario, y agradezco a todos mis amigos que siempre me rodean y me brindan su motivación.*

# *Agradecimiento*

*COMO NO ESTAR AGRADECIDO CON EL APOYO Y LA AYUDA INCONDICIONAL DE TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE ESTUVIERON DESDE EL INICIO DE ESTA ETAPA DE MI VIDA QUE FINALIZA CON LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO DE TITULACIÓN.*

*AGRADEZCO FORMALMENTE, A MI DIRECTOR EL INGENIERO ARTURO FALCONÍ, AL COORINADOR DE MI CARRERA LA INGENIERA MIRIAM RECALDE, Y SIN DEJAR DE LADO A TODOS AQUELLOS MAESTROS QUE ENTREGARON SUS VALIOSOS CONOCIMIENTOS PARA MI FORMACIÓN PROFESIONAL.*

*AGRADEZCO MUY ESPECIALMENTE A MIS PADRES, QUIENES HAN CIMENTADO EN MI TODO LO NECESARIO PARA SER UNA PERSONA DE BIEN, QUIENES ME APOYARON CON SUS ACCIONES, SIN SU AYUDA TODO ESTO NO HUBIERA SIDO POSIBLE*

*A TODOS USTEDES,*

*¡MUCHAS GRACIAS!*

## FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

### PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1723772156
APELLIDO Y NOMBRES:	Santillan Zurita José Gustavo
DIRECCIÓN:	Rosales III etapa
EMAIL:	<a href="mailto:santillangustavo93@hotmail.com">santillangustavo93@hotmail.com</a>
TELÉFONO FIJO:	2754 713
TELÉFONO MÓVIL:	0939069374

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Implementación de módulos fotovoltaicos para carga de celulares y computadores portátiles en la Universidad Tecnológica Equinoccial SD
AUTOR O AUTORES:	José Gustavo Santillan Zurita
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	09 de Febrero 2017
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Manuel Falconí, MSc.
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES
RESUMEN:	El presente proyecto técnico se ha realizado con el objetivo de contribuir a la conservación del medio ambiente, ya que debido al uso de computadoras portátiles y celulares el incremento de la emanación de CO <sub>2</sub> ha sido inevitable debido a que la fuente de energía proviene de combustibles fósiles.

	<p>Para lograr este objetivo se decidió implementar un módulo fotovoltaico con el fin de captar un tipo de energía no contaminante y renovable, como la del sol, tomando en cuenta que la ubicación geográfica de Santo Domingo sugiere realizar prototipos de estación de carga, mas no prototipos para generar energía a gran escala debido a que la ciudad de Santo Domingo se encuentra en una zona de nubosidad, por lo que la mayor parte de la energía solar ingresa de una manera difusa. Con este prototipo se lograra cargar dos baterías de celular y una batería computadora portátil en un tiempo mínimo en relación al utilizado con la energía convencional. Contribuyendo a la disminución de la huella de carbono. Además se está fomentando el desarrollo de la energía solar fotovoltaica en aplicaciones académicas ya que esta tecnología no existe en la UTE SD de tal manera se daría inicio para varias opciones de aplicaciones e investigación en relación a este tema.</p> <p>El modulo fotovoltaico está formado por un panel, una batería, un inversor y un controlador de carga, los cuales luego de realizar el estudio correspondiente a la ubicación, a la demanda y a la irradiancia se opto por la marca SIMAX de 140W/12VDC policristalino</p>
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	Modulo fotovoltaico, energía renovable,



	<p>irradiancia, energía convencional, combustibles fósiles, panel solar.</p>
<p><b>ABSTRACT:</b></p>	<p>Over the years companies have adopted the need to create controls on their heritage and for each one of the areas of the institution in order to improve their administrative and accounting aspect. This research exposes a design of internal control for the company of cargo transport Transcardavid S.A. in the city of Santo Domingo de los Colorados; It presents the objectives, policies and procedures that will help to which develops the fulfilment of objectives, policies and procedures that allow the company to maximize the efficiency and productivity, through the development of controls based on the components described the same intend to safeguard resources and protect the company from possible fraud and/or misappropriation of assets.</p> <p>The tools that allowed to discover the administrative errors of the company Trasncardavid S.A. were questionnaires of internal control applied to executives and managers, thus exhibiting that the company does not have a manual of internal control, as well as procedures, nor develops training courses for the staff that works in the entity, and there are no mechanisms to ensure the payment and the financial control of the accounting transactions.</p>

	<p>With the results it was possible to design the features manual identifying the different areas that the company has, it was also presented manuals of procedures for accounts more relevant to the entity for its correct registration and avoid possible diversions or errors in the records and allow the company to comply with the procedures proposed in order to achieve the objectives in the short and long term.</p>
<p><b>KEYWORDS</b></p>	<p>Photovoltaic module, renewable energy, irradiance, conventional energy, fossil fuels, solar panel.</p>

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f:   
 \_\_\_\_\_  
 SANTILLAN ZURITA JOSÉ GUSTAVO  
 1723772156

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **SANTILLAN ZURITA JOSÉ GUSTAVO**, CI 1723772156 autor/a del proyecto titulado: **Implementación de módulos fotovoltaicos para carga de celulares y computadores portátiles en la Universidad Tecnológica Equinoccial SD**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, 9 de febrero del 2017.

  
f: \_\_\_\_\_  
**SANTILLAN ZURITA JOSÉ GUSTAVO**  
1723772156

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Portada.....	I
Sustentación y aprobación del tribunal.....	II
Responsabilidad del autor.....	III
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento.....	VI
Formulario de registro bibliográfico.....	VII
Declaración y autorización.....	XI
Índice de contenido.....	XII
Índice de tablas.....	XIV
Índice de figuras.....	XV
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO REFERENCIAL.....	4
2.1. Energía solar fotovoltaica (FV).....	8
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Diseño del sistema.....	16
3.1.1. Modulo fotovoltaico.....	17
3.1.2. Batería.....	18
3.1.3. Controlador de carga.....	19
3.1.4. Inversor.....	21
3.2. Localización.....	22
3.3. Diseño de la tecnología.....	23
3.3.1. Producto a obtenerse.....	25
3.3.2. Análisis financiero.....	25
IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	26
4.1. Cálculo de una instalación fotovoltaica aislada.....	26
4.1.1. Inclinación del panel.....	26

4.1.2.	Estimación de la demanda de energía .....	26
4.1.3.	Cálculo de irradiación solar.....	27
4.2.	Eficiencia del sistema fotovoltaico .....	27
4.2.1.	Generación del panel fotovoltaico.....	28
4.2.2.	Cálculo de número de paneles.....	29
4.2.3.	Cálculo de banco de baterías .....	29
4.2.4.	Cálculo del regulador .....	30
4.2.5.	Cálculo del inversor .....	30
4.2.6.	Temporizador .....	31
4.2.7.	Cálculo de emisiones de CO <sub>2</sub> .....	31
4.2.8.	Calculo Económico .....	31
4.3.	Manual de mantenimiento prototipo fotovoltaico.....	32
Conclusiones.....		33
Recomendaciones .....		34
Referencias.....		35

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Datos importantes del sol .....	10
Tabla 2.	Equipos de módulo fotovoltaico. ....	14
Tabla 3.	Detalles y orientación de la propuesta.....	14
Tabla 4.	Propuesta y alternativas del diseño .....	15
Tabla 5.	Especificaciones del Panel .....	18
Tabla 6.	Valoración de las alternativas del proyecto.....	24
Tabla 7.	Vida útil por componente .....	24
Tabla 8.	Presupuesto del sistema fotovoltaico .....	25
Tabla 9.	Consumo estimado de energía.....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig1.	Efecto invernadero .....	6
Fig 2.	Consecuencias ocurridas por el aumento de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) en la atmósfera .....	7
Fig. 3.	Implementación de módulo fotovoltaico en una vivienda. ....	9
Fig. 4.	Diseño de un sistema aislado de energía.....	10
Fig. 5.	Irradiancia espectral .....	12
Fig. 6.	Atlas solar.....	13
Fig. 7.	Diagrama del sistema .....	16
Fig. 8.	Panel solar .....	17
Fig. 9.	Batería .....	18
Fig. 10.	Controlador de carga .....	19
Fig. 11.	Inversor.....	21
Fig. 12.	Localización de donde se ejecutará el proyecto .....	23

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo enfrenta una alta demanda de energía, siendo aproximadamente el 80% de la energía mundial basada en combustibles fósiles no renovables como el petróleo, el carbón y el gas natural. El petróleo está actualmente al límite de su producción, pero su demanda no lo está, lo cual seguirá creciendo eventualmente. (CREUS, 2014)

La luz solar forma parte del espectro electromagnético, es decir, es un tipo de onda electromagnética que se desplaza por el espacio en todas direcciones y alcanza la tierra en un tiempo de 8 minutos. Se ha calculado que la potencia de irradiación del sol es de  $200 \times 10^{12}$  kW, más que la potencia total de todas las centrales de todo tipo funcionando actualmente en la tierra. En un solo segundo, el sol irradia más energía que la que ha consumido en toda su historia de la humanidad.

La intensidad de radiación emitida sobre la tierra es constante, pero no la recibida en su superficie. La época del año, la hora del día, la latitud y la climatología modifican enormemente la recepción en la tierra. La radiación que alcanza la superficie terrestre tiene por término medio una intensidad de potencia de  $900 \text{ W/m}^2$ . (ROMERO TOUS, 2010)

Además la energía solar es una fuente de energía renovable y, por tanto, inagotable, limpia y se puede aprovechar en el mismo lugar en que se produce (auto gestionada). La sostenibilidad energética en un futuro vendrá dada por el uso de las energías renovables. (MÉNDEZ MUÑIZ & CUERVO GARCÍA, 2007)

El Ecuador tiene altos niveles de radiación solar, pero la participación de esta fuente para cubrir la demanda energética nacional es mínima, por lo que el país está perdiendo la oportunidad de convertir a la energía solar en la tercera fuente de energía, luego del petróleo y la hidroelectricidad. Al estar en la mitad del mundo, el potencial de aprovechamiento de la energía solar en nuestro país es enorme; y, su uso extensivo ayudaría a alcanzar una independencia energética de largo plazo. (VILLACRESES, 2014)



Es un problema notorio lo generado por los combustibles fósiles en la atmósfera, el proyecto técnico tiene como propósito implementar módulos fotovoltaicos en la Universidad Tecnológica Equinoccial sede Santo Domingo, para generar energía renovable, la cual se obtiene del sol por medio de células implantadas en dichos módulos, donde se procesa y transforma energía para una demanda de 330 Wh/día, lo cual serviría como energía convencional destinada a la carga de celulares y computadoras portátiles para servicio de la comunidad universitaria, con el fin de demostrar que existen otras fuentes de suministro de energía basada en el aprovechamiento de recursos renovables.

Se realizó encuestas a 328 personas de la comunidad universitaria en la que el 100% de los encuestados consideran necesario la instalación de paneles solares en la UTE, para reducir su huella de carbono, de la encuesta realizada, el 40% está dispuesto a pagar por este servicio.

Como solución principal a la problemática planteada se pretende la implementación de un prototipo de módulos fotovoltaicos, los cuales se retroalimentarán por medio de cargas solares generando energía renovable libre de la emisión de CO<sub>2</sub> que afecta directamente al ambiente y la atmósfera. (LORENZO, 2014)

En nuestro sistema se utilizaran paneles poli cristalinos, ya que su efectividad es mayor debido al número de cristales. Este tipo de equipos garantiza su uso de una manera eficiente y amigable con el ambiente.

El sistema cuenta con un Panel Solar SIMAX 140W/12VDC, Controlador MORNINGSTAR SHS 10, Inversor SAMLEX 450W/12VDC y una Batería SBB GEL 100Ah12Vdc. (SCHWETJE, 2001)

Nuestro prototipo de modulo fotovoltaico tiene la capacidad de soportar una demanda de 330 Wh/día y una potencia máxima de 450 W a 115VAC, que alcanzarían para cargar una computadora portátil y dos celulares.

Durante la noche, hasta las 22:00 pm que es la hora en que culmina la jornada académica, la batería tendrá una capacidad de almacenamiento de 100 Ah, con lo que se podrá cargar los equipos sin ningún problema durante ese periodo de tiempo.

Debemos tomar en cuenta que la aplicación de este tipo de tecnología está dirigida para docentes, administrativos, alumnos y visitantes, y será ejecutada en el presente año 2016.

### **Objetivo general**

- Implementar módulos fotovoltaicos para carga de celulares y de computadores portátiles en la Universidad Tecnológica Equinoccial Sede Santo Domingo.

### **Objetivos específicos:**

- Fundamentar teóricamente a través de citas bibliográficas los conocimientos sobre módulos fotovoltaicos, energía y radiación solar, emisión de CO<sub>2</sub>.
- Validar mediante fórmulas como se podría contribuir a la disminución de los niveles de CO<sub>2</sub>, que se emiten mediante generación de energía convencional.
- Realizar los cálculos exactos para que la interpretación de los resultados sea legible y comprensible.
- Instalar módulos fotovoltaicos para carga de celulares y computadores portátiles en la Universidad Tecnológica Equinoccial sede Santo Domingo.
- Realizar un manual de mantenimiento del sistema fotovoltaico que garantice su funcionamiento.

## II. MARCO REFERENCIAL

Los módulos o paneles solares son capaces de aprovechar la energía emanada por el Sol, más comúnmente conocida como radiación solar. Este término abarca también a los colectores solares que se emplean para originar agua caliente (para un uso principalmente doméstico) y a los paneles fotovoltaicos que se usan para generar electricidad. Los paneles solares de tipo fotovoltaicos se encuentran compuestos por cientos de celdas que se encargan de convertir la luz en electricidad; estas celdas, muchas veces son denominadas celdas fotovoltaicas, que tiene como significado “luz-electricidad”. (Creus, Energías Renovables, 2014)

Los paneles o módulos fotovoltaicos están compuestos por dispositivos semiconductores tipo diodo (células fotovoltaicas) que, al recibir la radiación solar, se estimulan y generan saltos electrónicos, generando diferencias de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de estas células permite obtener voltajes en corriente continua, adecuados para alimentar dispositivos electrónicos sencillos o a mayor escala, esta corriente eléctrica continua generada por los paneles se puede transformar en corriente alterna e inyectar en la red eléctrica. (Schwetje, 2016)

Los paneles o módulos fotovoltaicos —llamados comúnmente paneles solares, aunque esta denominación abarca además otros dispositivos— están formados por un conjunto de células fotovoltaicas que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos mediante el efecto fotoeléctrico. (Creus, Energías Renovables, 2014)

El costo de los paneles fotovoltaicos se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales y su coste medio de generación eléctrica ya es competitivo con las fuentes de energía convencionales en un creciente número de regiones geográficas, alcanzando la paridad de red. (Schwetje, 2016)

## **El dióxido de carbono y su impacto en el cambio climático**

El cambio climático es la mayor amenaza ambiental del siglo XXI, con consecuencias económicas, sociales y ambientales de gran magnitud. Todos sin excepción; los ciudadanos, las empresas, las economías y la naturaleza en todo el mundo están siendo afectadas.

El clima siempre ha variado, es dinámico, no permanece estable y siempre han existido variaciones. El problema del cambio climático es que en el último siglo el ritmo de estas variaciones se ha acelerado mucho, y la tendencia es que esta aceleración va a ser exponencial si no se toman medidas que lo controlen. El ritmo desbocado de esta modificación climática tendrá como consecuencia grandes alteraciones físicas, como la elevación del nivel del mar, enormes deterioros ambientales y serias amenazas para la humanidad, así como extensión de enfermedades, daños por acontecimientos climáticos violentos, pérdida de cosechas, disminución de los recursos hídricos, entre otros problemas. (Fers, 2006)

Al buscar la causa de esta aceleración se encontró que existe una relación directa entre el calentamiento global o cambio climático y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero provocado por las sociedades humanas tanto industrializadas como en desarrollo. El nivel de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ha aumentado un 31%, el metano (CH<sub>4</sub>) se ha incrementado un 145% y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) un 15%. (Fers, 2006)

Se sabe que las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera en la actualidad superan las alcanzadas en el último medio millón de años, y probablemente en los últimos 20 millones de años. (Fers, 2006)

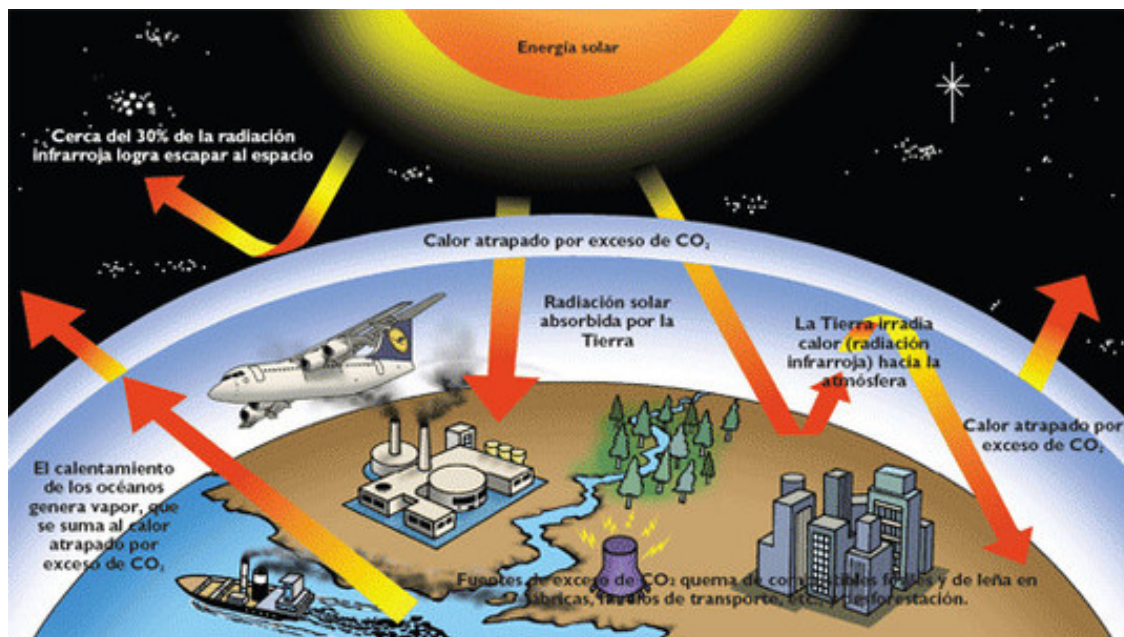


Fig1. Efecto invernadero

### Consecuencias que tiene el aumento de las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera

- La temperatura media de la superficie terrestre se ha incrementado a lo largo del siglo XX en 0,6 °C. En el siglo XXI se prevé que la temperatura global se incremente entre 1 y 5°C.
  - En el Siglo XXI el nivel del mar subirá entre 9 y 88 cm, dependiendo de los escenarios de emisiones considerados.
  - Incremento de fenómenos de erosión y salinización en áreas costeras.
  - Aumento y propagación de enfermedades infecciosas.
  - Desplazamiento de las especies hacia altitudes o latitudes más frías, buscando los climas a los que están habituados. Aquellas especies que no sean capaces de adaptarse ni desplazarse se extinguirán.
  - Aumento en frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos.
- (Villarig, 2016)



Fig 2. Consecuencias ocurridas por el aumento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera

### **Protocolo de Kioto sobre el cambio climático**

El Protocolo de Kioto sobre el cambio climático es un protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), y los otros tres son gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), en un porcentaje aproximado de al menos un 5 %, dentro del periodo que va de 2008 a 2012, en comparación a las emisiones a 1990. Por ejemplo, si las emisiones de estos gases en 1990 alcanzaban el 100 %, para 2012 deberán de haberse reducido como mínimo al 95 %. Esto no significa que cada país deba reducir sus emisiones de gases regulados en un 5 % como mínimo, sino que este es un porcentaje a escala global y, por el contrario, cada país obligado por Kioto tiene sus propios porcentajes de emisión que debe disminuir la contaminación global. (Kioto, 1997).

### **COP21 (Convención de Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático)**

Entre los días 30 de noviembre y 12 de diciembre, tuvo lugar en París la vigésimo primera sesión de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre

el Cambio Climático (COP21), así como la undécima sesión de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes del Protocolo de Kioto (COP-MOP11).

La COP21 terminó con la adopción del Acuerdo de París que establece el marco global de lucha contra el cambio climático a partir de 2020. Se trata de un acuerdo histórico de lucha contra el cambio climático, que promueve una transición hacia una economía baja en emisiones y resiliente al cambio climático. Es un texto que refleja y tiene en cuenta las diferentes realidades de los países, es justo, ambicioso, duradero, equilibrado y jurídicamente vinculante. (COP21, 2015)

### **Carbono neutral**

Ser "carbono neutral" significa que el resultado final de una actividad, un proceso o un proyecto tal como la producción de un bien, la provisión de un servicio o su consumo no haya emitido más gases efecto invernadero a la atmósfera que los que hayan podido capturar o remover. El objetivo de carbono neutral es reducir el 5% de emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) con respecto a su año base. (MAE, 2014)

### **Acuerdo del Ministerio del Ambiente No 264 de 27 de Agosto del 2014**

Este Acuerdo Ministerial expide el Mecanismo para otorgar el Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental "Carbono Neutral", en el cual se establece las responsabilidades de los actores, los principios, y el procedimiento para la obtención del reconocimiento. (MAE, 2014)

#### **2.1. Energía solar fotovoltaica (FV)**

La Energía Solar Fotovoltaica es la que obtenemos por medio de paneles solares fotovoltaicos expuestos al Sol. Esta energía es a nivel mundial la más difundida para electrificación en zonas remotas donde la red pública no ha llegado. La energía solar fotovoltaica en un enfoque económico, es la más viable para la generación de electricidad en zonas remotas como las que existen en Perú y Ecuador. (Yoleysi, 2016)

Una definición técnica para la energía solar fotovoltaica sería:

“La energía solar fotovoltaica es una forma de obtención de electricidad por medio de paneles solares fotovoltaicos. Los paneles o módulos fotovoltaicos están compuestos por dispositivos semiconductores tipo diodo (células fotovoltaicas) que, al recibir la radiación solar, se estimulan y generan saltos electrónicos, generando diferencias de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de estas células permite obtener voltajes en corriente continua, adecuados para alimentar dispositivos electrónicos sencillos o a mayor escala, esta corriente eléctrica continua generada por los paneles se puede transformar en corriente alterna e inyectar en la red eléctrica.” (Yoleysi, 2016)

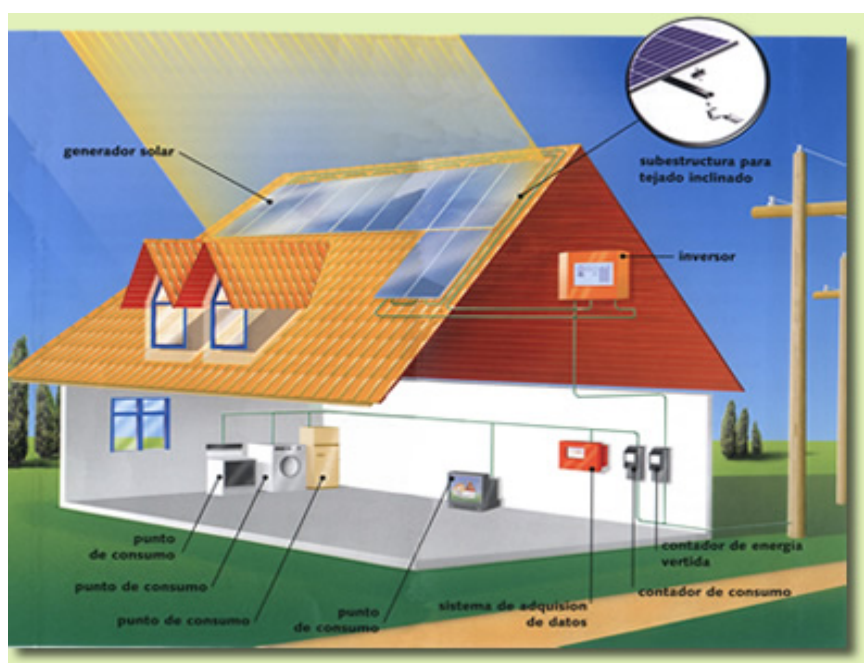


Fig. 3. Implementación de módulo fotovoltaico en una vivienda.

### Los sistemas aislados y autónomos

Estos sistemas tienen como misión garantizar un abastecimiento de electricidad autónomo (independiente de la red eléctrica pública) de consumidores o viviendas aisladas. Estas instalaciones no tienen ninguna limitación técnica en cuanto a la potencia eléctrica que puede producir; solamente motivos de economía y rentabilidad establecen una acotación al número de módulos y acumuladores a instalar.



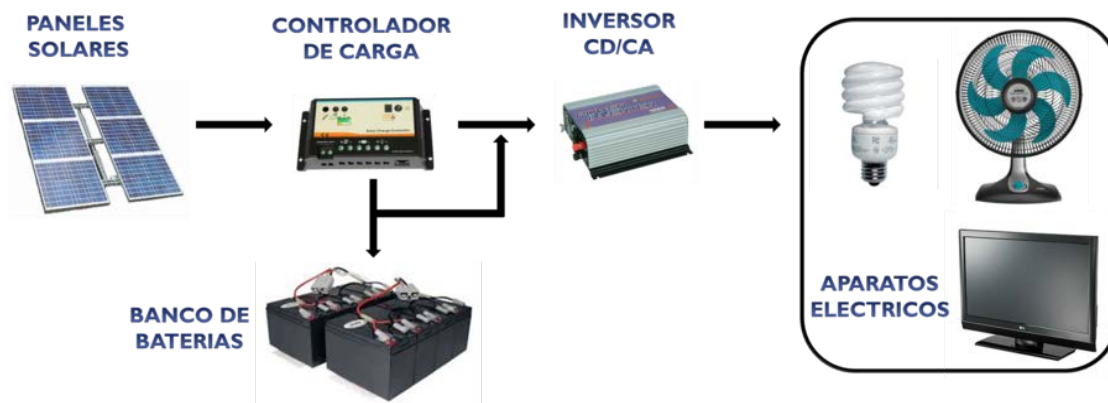


Fig. 4. Diseño de un sistema aislado de energía.

## El Sol

El sol es una inmensa fuente de energía inagotable con un diámetro de 1.2914 millones km situado a la distancia media de 149.6 millones km respecto de la Tierra, conocida como unidad astronómica (UA). (Jutglar, 2004)

Tabla 1. Datos importantes del sol

<b>Radio del sol:</b>	700.000km (109 veces la tierra)
<b>Masa del sol:</b>	300.000 veces la masa de la tierra
<b>Edad aproximada del sol:</b>	5000 millones de años.
<b>Vida aproximada del sol:</b>	8000 millones de años más.
<b>Temperatura superficial:</b>	5600 °K
<b>Distancia tierra al sol:</b>	150 millones de km.

Fuente: CONELEC, ATLAS SOLAR, 2008

## Radiación solar

Es el sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarroja y ultravioleta). La luz visible son las radiaciones comprendidas entre 0,4  $\mu\text{m}$  y 0,7  $\mu\text{m}$  que pueden ser detectadas por el ojo humano. Existen radiaciones situadas en la parte infrarroja del espectro de la cual una parte es ultravioleta.

La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiación, que mide la energía por unidad de tiempo y área, que alcanza a la tierra. Su unidad es el  $\text{W/m}^2$  (vatio / metro cuadrado). (García, 2008)

## **Tipos de radiación**

- **Radiación Directa:**

Llega directamente del sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan.

- **Radiación Difusa:**

Parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Esta radiación se denomina difusa, va en todas las direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no solo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, etc. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. (Fernández Barrera, 2010).

- **Radiación Reflejada:**

Es aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie. Las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.

- **Radiación Global:**

Es la radiación total. Es la suma de las tres radiaciones. (Jutglar, 2004)

## **Distribución Espectral de la Radiación Solar.**

El Sol emite un rango de 1500 Å (Angstroms) hasta 40000 Å. (1 Å=10<sup>-10</sup> m=10<sup>-6</sup> micras). La luz visible se extiende desde 4000 Å a 7400 Å y la radiación infrarroja u ondas largas desde 0,74 micras a 4 micras.

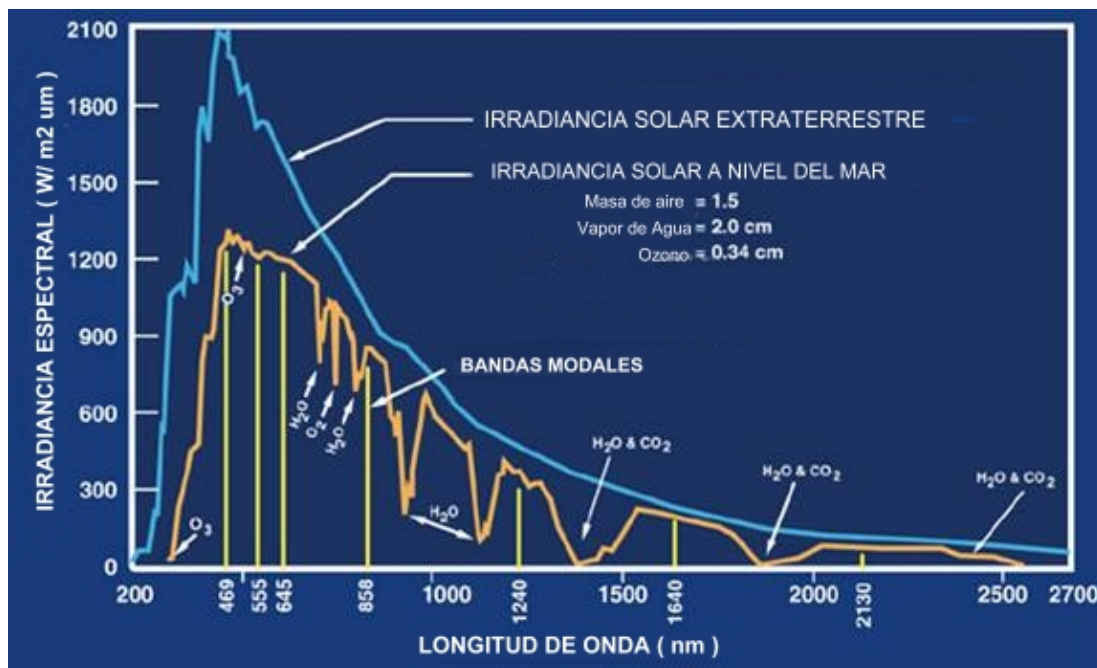


Fig. 5. Irradiancia espectral

### Radiación Solar en el Ecuador

El Ecuador tiene altos niveles de radiación solar, pero la participación de esta fuente para cubrir la demanda energética nacional es mínima, por lo que el país está perdiendo la oportunidad de convertir a la energía solar en la tercera fuente de energía luego del petróleo y la hidroelectricidad. Al estar en la mitad del mundo, el potencial de aprovechamiento de la energía solar en nuestro país es enorme; y, su uso extensivo ayudaría a alcanzar una independencia energética de largo plazo.

La CONELEC realizó un estudio para determinar las zonas de mayor influencia del sol en nuestro país y nos presenta el Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica, que fue generado por el NREL40, cuyas acciones están orientadas a la investigación y desarrollo de energías renovables y eficiencia energética. (CONELEC, 2008)

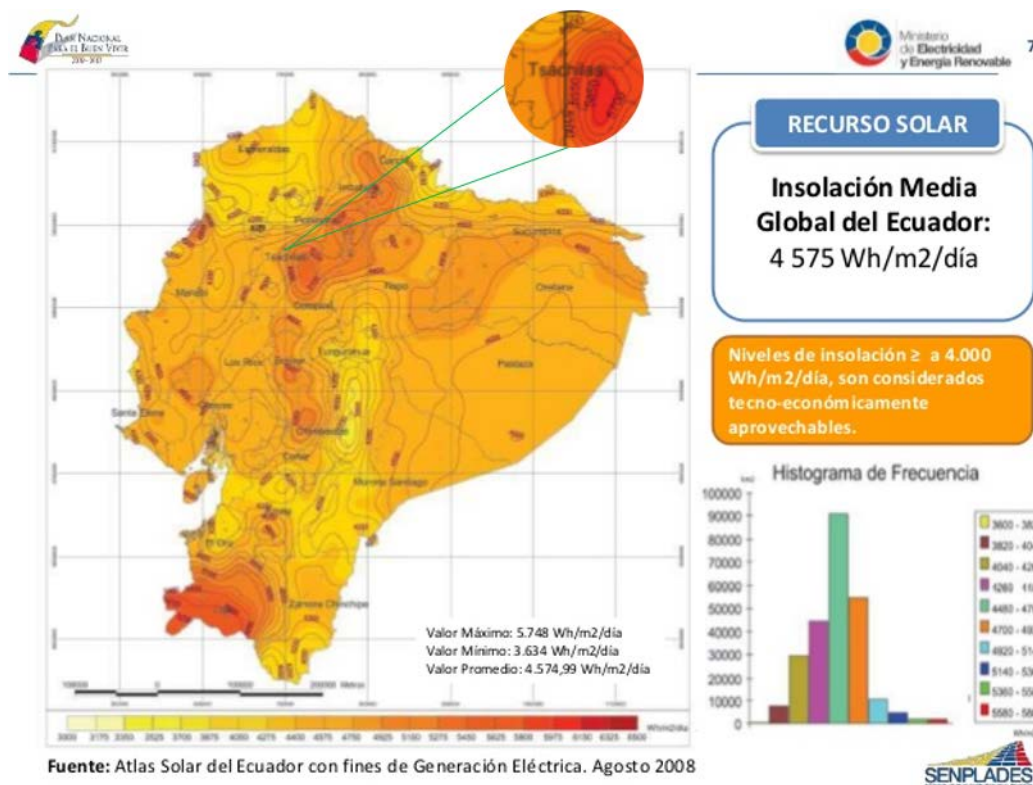


Fig. 6. Atlas solar

### Constante Solar

Es la cantidad de energía recibida en forma de radiación solar por unidad de tiempo y unidad de superficie, medida fuera de la atmósfera terrestre en un plano perpendicular a los rayos del Sol. La constante incluye todo tipo de radiación solar, no solo la luz visible. Es medida por satélites. La actual radiación solar directa fuera de la atmósfera fluctúa por alrededor de 6.9 % durante un año, de 1,412 W/m<sup>2</sup> en Enero 3 (afelio) a 1,321 W/m<sup>2</sup> en Julio 4 (perihelio) debido a la variación de distancia entre la tierra y el sol. La constante solar no permanece constante sobre largos periodos de tiempo. El valor aproximado considerado es 1.366 W/m<sup>2</sup>, para calcular este valor basta con dividir el flujo energético que emite el sol por la relación de áreas entre la superficie del sol y la de una esfera de radio.

Constante solar  $B_0 = 1367 \text{ W/m}^2$  (irradiancia solar sobre la superficie normal al vector solar en límite superior de la atmósfera terrestre). (Jutglar, 2004).

### III. METODOLOGÍA

Es necesario desarrollar un prototipo de módulos fotovoltaicos para cargar dos baterías de celular y una batería de computadora portátil ubicado en la UTE-SD, la filosofía de diseño para este proyecto se basa en demostrar que existe fuentes de energía renovable como el sol, lo que significa que podemos aprovechar este tipo de energía limpia utilizando un prototipo de módulos fotovoltaicos que permita reducir la utilización de combustibles fósiles y de emisiones de CO<sub>2</sub>. (Cantos Serrano, 2016)

La implementación del prototipo de módulo fotovoltaico requiere un diseño con los siguientes equipos:

Tabla 2. Equipos de módulo fotovoltaico.

<b>Marca</b>	<b>Característica</b>	<b>Función</b>
Panel Solar SIMAX	140W/12VDC	Aprovechar energía solar.
Controlador MORNINGSTAR	SHS 10	Regular a 12V la energía recibida por el panel.
Batería SBB GEL	100Ah12Vdc	Almacenar la energía regulada por el controlador de carga.
Inversor SAMLEX	450W/12VDC	Transformar la energía de 12V A 115VCA

Tabla 3. Detalles y orientación de la propuesta

<b>Función</b>	<b>Aprovechar al máximo la energía lumínica del sol</b>
<b>Restricciones</b>	<b>Clima</b>
<b>Objetivo</b>	Reducir las emisiones de CO <sub>2</sub> por medio de la utilización de un prototipo fotovoltaico retroalimentado por energía solar receptado en paneles

Existen varias alternativas que deben ser analizadas de manera objetiva, el cual es conocido como Ingeniería de Criterios Ponderados y permite determinar la mejor opción en relación a los costos, viabilidad y facilidad de implementación. En la tabla 4

se presenta la tabla de criterios ponderados para la selección de la mejor alternativa del proyecto.

Tabla 4. Propuesta y alternativas del diseño

<b>Solución</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
Panel solar	Monocristalino 90WP/12V	Panel solar simax 140W/12VDC	Monocristalino de 120WP/12V
Controlador	Controlador morningstar prostar 30	Controlador morningstar SHS 10	Controlador MPPT-15 de morningstar
Batería solar	Batería ultracell UCG20-12 Gel de ciclo profundo	Batería sbb gel 100ah12vdc.	Batería ultracell ucg55-12 gel de ciclo profundo
Inversor	Inversores Zonhan	inversor samlex 450w/12vdc	Inversor morningstar 300VA

Los criterios de ingeniería que se proponen en el criterio ponderado (Tabla 4) son los siguientes:

- **Costo:** Su valor de manufactura, instalación y operación sean lo menor posible.
- **Material:** El material utilizado en la manufactura del diseño mecánico sea resistente y duradero.
- **Peso:** El peso del sistema sea lo más ligero posible.
- **Mantenimiento:** Facilidad de realizar mantenimientos preventivos y correctivos al sistema.
- **Funcionalidad:** Que cumpla con las expectativas de los requerimientos de diseño.
- **Instalación:** Factibilidad de instalación de los componentes del prototipo para la UTE tomando en cuenta el entorno.
- **Diseño:** Todo el sistema satisfaga el objetivo del proyecto.
- **Vida útil:** Tenga una duración óptima para justificar su costo.

En función de estos criterios de ingeniería se realiza una calificación con cada alternativa partiendo de una escala de 1 al 5 siendo el 5 el valor mayor que representa a la mejor opción. La calificación dada a las distintas alternativas en los criterios proviene de experiencias pasadas, trabajos similares y un análisis de los componentes que cumplirán los requerimientos de cada criterio.

### 3.1. Diseño del sistema

Se le denomina dimensionado o diseño de un sistema solar fotovoltaico a una serie de procesos de calculo que logran optimizar el uso y la generación de la energía eléctrica de origen solar, realizando con un balance adecuado entre ellos, desde los puntos de vista técnico y económico. El primer aspecto se deberá considerar a la hora de realizar el diseño es el consumo racional de la energía.

Para conocer cuanta energía eléctrica se requiere, en el objetivo a electrificar, se deben tener en cuenta las características eléctricas de los equipos a alimentar y el tiempo de empleo por parte del usuario del sistema. Es decir, se hace necesario conocer o estimar la corriente y la tensión o voltaje de trabajo de los equipos instalados y el número de horas diarias de trabajo, teniendo en cuenta las posibles aplicaciones que en el futuro se hagan en la instalación proyectada.



Fig. 7. Diagrama del sistema

Como se puede observar en el diagrama se está especificando cada uno de los pasos y orden jerárquico del mismo el cual se explicara a continuación:

1. Por medio de los paneles se receptorá la energía solar que se emitirá en el día dependiendo del clima variará la cantidad de energía que se obtendrá.

2. Esta energía receptada gracias a los paneles debe ser cuantificada por medio de un regulador para que la energía obtenida pueda ser almacenada.
3. Una vez regulada y cuantificada dicha energía pasará a almacenarse en una batería de 12V la cual proveerá de energía al módulo fotovoltaico.
4. Ya obtenido la energía y almacenada en la batería se pasa a la transformación de la misma por medio de un inversor pasando de 12V a 115V.C.A. siendo esta la energía con la cual trabajan la mayoría de los aparatos electrónicos.
5. Ya por concluir esta energía debe tener una salida la cual es por medio de los tomacorrientes comunes en donde se enchufaran los aparatos electrónicos que queremos proveer de energía.

### 3.1.1. Modulo fotovoltaico



Fig. 8. Panel solar

Los paneles o módulos fotovoltaicos están compuestos por dispositivos semiconductores tipo diodo (células fotovoltaicas) que, al recibir la radiación solar, se estimulan y generan saltos electrónicos, generando diferencias de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de estas células permite obtener voltajes en corriente continua, adecuados para alimentar dispositivos electrónicos sencillos o a mayor escala, esta corriente eléctrica continua generada por los paneles se puede transformar en corriente alterna e inyectar en la red eléctrica.



En la tabla 4 referente a la propuesta y alternativas del diseño se ha estudiado los elementos y dispositivos que se utilizarán planteando las alternativas que nos brinda la empresa PROVIENTO. Se determinó que la mejor opción es el Panel de marca SIMAX de la empresa PROVIENTO, cuyas especificaciones son las siguientes:

Tabla 5. Especificaciones del Panel

<b>SIMAX model: SP636-140</b>	
Rated maximum power (Pm)	140W
Tolerance	0±3%
Voltage at Pmax(Vpm)	17.8 V
Current at Pmax(Imp)	7.87 A
Open- circuit voltage(Voc)	21.8 V
Short- circuit current (Isc)	8.56 A
Nominal Operating cell Temp(NOCT)	47±2°C
Maximum system voltage	1000VDC
Maximum series fuse rating	10:00 AM
Operating Temperature	-40°C to +85°C
Application Class	A
Cell technology	POLY-Si
Weight	12 Kg
Dimension(mm)	1476×676×35

### 3.1.2. Batería



Fig. 9. Batería

La batería, según el portal de Proviento es “un acumulador electroquímico que transforma una energía química en energía eléctrica. Sin las baterías muchas de las instalaciones fotovoltaicas carecerían de sentido, pues su funcionalidad depende del almacenamiento de la energía eléctrica en las baterías o acumuladores de energía”.

### Tipos de baterías:

Aunque existen de varios tipos, las más usadas son:

- Las de plomo y ácido.
- Las de níquel y cadmio.

Las primeras son las más usadas, en cambio, las de níquel-cadmio ofrecen un mejor rendimiento, pero tienen un precio demasiado elevado. La batería más idónea para suplir los requerimientos es la de GEL de CICLO PROFUNDO, cuyas características son:

- Se la puede emplear para sistemas fotovoltaicos medianos y grandes.
- Vida de diseño float: de 10 a 12 años.
- Ciclos: 2400 a 30% DOD
- Dimensiones: 330 x 173 x 217 mm:
- Peso 31 kg. (Schwetje, 2016)

### 3.1.3. Controlador de carga

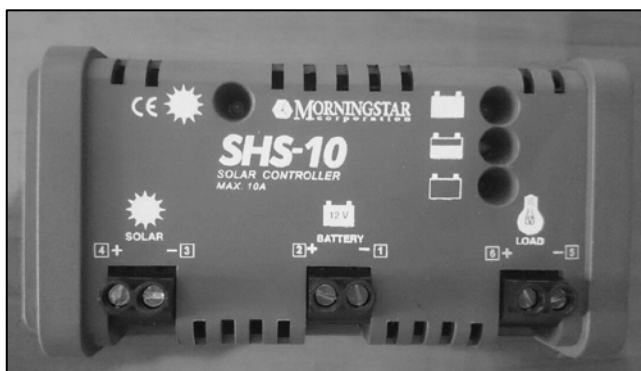


Fig. 10. Controlador de carga

El regulador de tensión controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil. También genera alarmas en función del estado de dicha carga.

Los reguladores actuales introducen micro-controladores para la correcta gestión de un sistema fotovoltaico. Su programación elaborada permite un control capaz de adaptarse a las distintas situaciones de forma automática, permitiendo la modificación manual de sus parámetros de funcionamiento para instalaciones especiales. Incluso existen algunos con la capacidad de memorizar datos que permiten conocer cuál ha sido la evolución de la instalación durante un tiempo determinado.

Para ello, consideran los valores de tensión, temperatura, intensidad de carga y descarga, y capacidad del acumulador.

Funciones del regulador de carga:

- Evita sobrecargas en las baterías que puedan producir daños.
- Impide la descarga de la batería en periodos de luz solar escasa
- Asegura el funcionamiento del sistema en el punto de máxima eficacia.

Es quizá la pieza clave del sistema, asegura una tensión constante en sus salidas, asegurando el buen funcionamiento de todos los receptores que se conecten al sistema.

### **Características eléctricas:**

1. Tensión de funcionamiento: es la tensión a la que debe estar conectado el sistema generador (paneles), normalmente 12 o 24 V.
2. Intensidad de carga: se corresponde con la máxima intensidad que puede entregar el sistema generador en servicio permanente.
3. Intensidad de descarga; es la máxima intensidad que puede entregar el regulador de manera permanente, debe corresponderse con la del sistema de acumulación, de esta manera se evitarán sobrecargas en las mismas.

En vista de las características requeridas se optó por el controlador recomendado para América Latina. El SHS porque es eficiente y de fácil manejo y protecciones. El equipo tiene la aprobación del banco Mundial para SFVs. (Sistema Fotovoltaico). (Schwetje, 2016)

### 3.1.4. Inversor



Fig. 11. Inversor

Los inversores se utilizan para convertir la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos, acumuladores o baterías, etc. en corriente alterna y de esta manera poder ser inyectados en la red eléctrica o usados en instalaciones eléctricas aisladas.

Aspectos importantes que habrán de cumplir los inversores para instalaciones autónomas son:

- Deberán tener una eficiencia alta, pues en caso contrario se habrá de aumentar innecesariamente el número de paneles para alimentar la carga.
- Estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas.
- Tener incorporado un sistema de desconexión automática cuando no se esté empleando ningún equipo de corriente alterna.
- Admitir demandas instantáneas de potencia mayores del 200% de su potencia máxima.
- Cumplir con los requisitos, que para instalaciones de 110 V.C.A. establece el Reglamento de Baja Tensión.

En cualquier caso la definición del inversor a utilizar debe realizarse en función de las características de la carga. En función de esta última se podrá acudir a equipos más o menos complejos. Se recomienda acudir a inversores diseñados específicamente para aplicaciones fotovoltaicas.

Por otra parte, existen en el mercado tipos muy diferentes de inversores, con grados de complejidad y prestaciones muy variables. Según el tipo de cargas que vaya a alimentar, es posible recurrir a inversores muy simples, de onda cuadrada o si así se requiere, inversores de señal senoidal, más o menos sofisticados

El inversor seleccionado para el proyecto es el inversor de marca SAMLEX, el cual presenta las siguientes características y especificaciones:

- Compacto- primordialmente para el uso en carros pero también aplicable en sistemas de casa para operar un TV o DVD o cargadores de celulares.
- Puerto de carga USB: 5VCD, 2.1 A
- Compacto diseño con enchufe tipo encendedor de cigarrillos incluido ventilador controlado por carga, alarma indicadora de baja batería.
- Circuito de protección universal: batería, térmica, cortocircuito, sobrecarga, falla de tierra.
- Tecnología de encendido suave, tecnología de superficie fresca, modo de ahorro de energía y tecnología de baja interferencia SB. (Schwetje, 2016)

### **3.2. Localización**

El presente proyecto se ejecutara en la Universidad Tecnológica Equinoccial Sede Santo Domingo en las coordenadas X= 0°13'57.3"S Y= 79°12'24.4"W, Se ubica en la Región Costa.

En una zona climática lluviosa y tropical, su temperatura habitual es de unos 18 a 33 °C en verano. En invierno normalmente hace más calor de 23 a 34 grados y a veces llega a los 38 °C. Su temperatura media es de 25,5 °C. y un volumen de precipitaciones de 3000 a 4000 mm anuales. Según Holdridge: Bosque Húmedo Tropical.

Situado en los flancos externos de la cordillera occidental de los Andes, la provincia tiene de superficie 3.857 km<sup>2</sup>, a una altitud de 625 msnm, se encuentra a 120 km, de distancia del mar. Limita al norte y al este con Pichincha, al noroeste con Esmeraldas, al

oeste con Manabí, al sur con Los Ríos y al sureste con Chimborazo. Zona noroccidental del Ecuador, es una de las zonas con mayor pluviosidad del país.



Fig. 12. Localización de donde se ejecutará el proyecto

Fuente: Google maps

### 3.3. Diseño de la tecnología

A tratarse de un prototipo de módulos fotovoltaicos que genera energía eléctrica a partir de la energía lumínica que es proveniente del sol. Esta garantiza su uso de una manera eficiente y amigable con el ambiente.

Del análisis realizado, se ha determinado que la alternativa 2 (Tabla 4 y 6) representada por el prototipo que consta de paneles, inversor, baterías y controlador de carga presenta el valor más alto, correspondiente a 36.

Tabla 6. Valoración de las alternativas del proyecto

Selección de alternativas	Costo	Material	Peso	Mantenimiento	Funcionamiento	Instalación	Diseño	Vida útil	Total
Alternativa 1	4	3	3	4	3	3	3	2	25
Alternativa 2	4	5	4	4	5	4	5	5	36
Alternativa 3	4	2	2	4	3	3	4	4	26

El prototipo cuenta con un Panel Solar SIMAX 140W/12VDC Inversor SAMLEX 450W/12VDC, Controlador MORNINGSTAR SHS 10 y una Batería SBB GEL 100Ah12Vdc. Su instalación se ejecutó en diciembre del año 2016 y su aplicación tecnológica está dirigida al personal docente, administrativo, alumnos y visitantes.

### Vida útil

El prototipo del módulo fotovoltaico tiene una demanda de 330 Wh/día y una potencia máxima de 450 W a 115VAC, que alcanzarían para cargar una batería de computadora portátil y dos baterías de celular. Durante la noche a partir de las 18:00 a 22:00 pm las baterías necesitarán 100 Ah, con lo que se podrá cargar los equipos sin ningún problema durante ese periodo de tiempo. Tendrá un tiempo de vida útil de 25 años o más, teniendo en cuenta su mantenimiento y cuidado.

Tabla 7. Vida útil por componente

Componentes	Vida útil
Paneles solares de 12VDC/140W	<b>20 A 25 AÑOS</b>
Controlador de carga 12VDC/ 15 <sup>a</sup>	<b>15 AÑOS</b>
Banca de baterías 12VDC/100Ah	<b>10 A 12 AÑOS</b>
Inversor de 12VDC/450W	<b>20 A 30 AÑOS</b>

### 3.3.1. Producto a obtenerse

El principal objetivo es disminuir la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmosfera implementando un prototipo fotovoltaico el cual se retroalimenta de energía solar por medio de módulos fotovoltaicos generando energía eléctrica limpia evitando el uso de energía convencional contaminante.

### 3.3.2. Análisis financiero

A continuación se detalla en la siguiente tabla todos los gastos realizados, para poder poner en práctica la implementación de módulos fotovoltaicos para cargar celulares y computadoras portátiles en la Universidad Tecnológica Equinoccial SD.

Tabla 8. Presupuesto del sistema fotovoltaico

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor individual</b>	<b>Valor total</b>
Panel solar	1	185,00	185,00
Controlador de carga	1	60,00	60,00
Batería	1	330,00	330,00
Inversor	1	80,00	80,00
Material eléctrico	14		99,21
Gabinete	1	53,45	53,45
Mano de obra	1	350,00	350,00
Pancarta	1	80,00	80,00
Aranceles UTE	1	1266,00	1266,00
<b>Total</b>			<b>2503,66</b>



## IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1. Cálculo de una instalación fotovoltaica aislada

Para realizar la instalación de un sistema fotovoltaico se toman en cuenta los siguientes parámetros.

#### 4.1.1. Inclinación del panel

Uno de los aspectos más importantes para la eficiencia del módulo fotovoltaico es el grado de inclinación del panel y esto se lo determina mediante la ubicación geográfica de la zona en este caso Santo Domingo de los Tsáchilas.

Según (CONELEC, 2008) Ecuador está ubicado en la línea equinoccial en la Capital Quito. El estudio que realizó determina que la inclinación del panel para Santo Domingo de los Tsáchilas debe ser de  $10^\circ$  ya que se encuentra al sur de Quito. Lo que favorece la auto limpieza del panel por su inclinación y mayor aprovechamiento de irradiación solar del lugar.

#### 4.1.2. Estimación de la demanda de energía

Para determinar la demanda de energía se deben realizar varios cálculos los cuales se basan en la siguiente tabla.

Tabla 9. Consumo estimado de energía

<b>Consumo estimado de energía al día</b>					
<b>Equipos</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia Acumulada(W)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Consumo (Wh/D)</b>
Cargador de laptop	60,0	1,0	60,0	3,0	180,0
Cargador de celular	10,0	2,0	20,0	3,0	60,0
Inversor	15,0	1,0	15,0	6,0	90,0
		Potencia acumulada total	95	Energía total	330

**Fuente:** (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2007)

### 4.1.3. Cálculo de irradiación solar

La luz solar que se proyecta hacia la tierra es otro de los factores importantes para el correcto funcionamiento del módulo fotovoltaico, esta se la conoce como “irradiancia”, la cual puede ser calculada recurriendo a métodos gráficos, tablas, formulas o utilizando software que permitan obtenerla muy fácilmente.

La cantidad de insolación global o total que incide al día sobre los módulos solares, se expresa en kWh/m<sup>2</sup>/día o su equivalente en horas de sol máximo u horas de sol 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 1000 para obtener kilovatios, ya que las unidades del Atlas están en Wh/m<sup>2</sup>/día. (CONELEC, 2008)

$$\frac{W/m^2 \text{ Insolación}}{1000 W/m^2} = \text{Hora sol pico}$$

En este caso para poder calcular la hora sol pico (HSP) se utiliza los datos de la página web de la NASA para determinar el HSP (horas sol pico), el cual nos permite tener un valor promedio de cada mes del año y un promedio anual con tal solo poner las coordenadas del lugar donde se implementara el proyecto.

Según la NASA la HSP en la UTE sede Santo Domingo es:

Tabla 10. Irradiación diaria

Irradiación diaria en la UTE Sto Dgo (kWh/m <sup>2</sup> /día)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
3,96	4,30	4,73	4,50	3,93	3,57	3,62	4,02	4,10	3,81	3,76	3,78

**Fuente:** <https://eosweb.larc.nasa.gov>

### 4.2. Eficiencia del sistema fotovoltaico

El dato de la eficiencia se obtuvo de la información otorgada por la empresa fabricante, la cual es de:

$$n = 90\%$$

#### 4.2.1. Generación del panel fotovoltaico

$$P = 140Wp$$

**n** = eficiencia del sistema

**ET** = energía total real

**Ed** = energía

$$ET = Ed / 0,9$$

$$ET = 330 / 0,9$$

$$ET = 367 \text{ Wh / día}$$

**E** = energía

**P** = potencia

**t** = tiempo HSP (horas sol pico)

$$E = P * T$$

$$E = 140 * 3,57$$

$$E = 499,8 \text{ Wh / día}$$

Según los cálculos del módulo que se utilizara la generación de energía será de 499,8 Wh/día, teniendo en cuenta que el cálculo se hizo en base a la irradiación solar más baja del todo el año.

Según lo indicado la energía del panel abastecerá sin problemas la demanda de consumo, ya que la energía real es de 367 Wh/d según los datos obtenidos de la estimación de consumo, con un tiempo de uso continuo de 3 h/día para cargar una batería de computadora portátil y dos baterías de celular. En cambio durante la noche la batería tendrá una carga máxima de 100 Ah (Amperio-hora) que durará de 3 a 4 horas de uso continuo.

#### 4.2.2. Cálculo de número de paneles

La manera más simple de determinar el tamaño de un sistema fotovoltaico es utilizando la siguiente fórmula (Pareja Aparicio, 2009):

$$NP = \frac{E}{n * Wp * HSP}$$

Dónde:

NP: número de paneles (Wp)

n: eficiencia del sistema

HSP: horas solar pico (kWh / m<sup>2</sup> / día)

Wp: potencia del panel FV

$$NP = \frac{367}{0,9 * 140 * 3,57}$$

$$NP = 0,82$$

$$NP = 1$$

Este cálculo se lo realizo con el HSP más bajo del año para obtener la mínima eficiencia del sistema FV.

#### 4.2.3. Cálculo de banco de baterías

$$CAP.CARGA = \frac{E}{V}$$

En donde:

CAP.CARGA: capacidad de carga de la batería

E: energía

V: voltaje

N: días de autonomía (sin brillo solar)

NB: número de baterías. (Creus, Energías Renovables, 2014)

$$CAP.CARGA = \frac{499,9}{12}$$

$$CAP.CARGA = 41,65 \frac{Ah}{d}$$

$$NB = CAP.CARGA * N$$

$$NB = 83,3 Ah$$

Se requiere una sola batería de 100 Ah porque no existe batería de 83,3 Ah, lo cual abastece satisfactoriamente lo requerido para el funcionamiento óptimo del sistema fotovoltaico.

#### 4.2.4. Cálculo del regulador

$$I_{max} = I_{sc} * NP$$

Dónde:

$I_{max}$ : corriente del regulador

$I_{sc}$ : corriente de cortocircuito en la placa fabricante del panel

NP: número de paneles

$$I_{max} = 8,56 * 1$$

$$I_{max} = 8,56 A. \text{ (García, 2008)}$$

Debido a que se utilizara solo un panel el cual tiene una potencia de 140 Wh es suficiente un controlador de carga de 10 A/12Vdc ya que no existen controladores de carga de 8,56 A.

#### 4.2.5. Cálculo del inversor

Para seleccionar el inversor, se estima la potencia máxima instantánea demandada, para lo cual es conveniente observar la descripción del consumo de la computadora portátil y celulares, indicados en el cálculo de consumo real, el mismo que alcanza los 367 Wh/d, cuando se encuentran funcionando todos los equipos al mismo tiempo en el lapso de una hora.

Para no afectar la eficiencia de funcionamiento y que lo más ideal es que el inversor trabaje a plena carga, o cercano a esta, se debe elegir uno de 450 W.

#### **4.2.6. Temporizador**

Con la finalidad de obtener un ahorro energético en el módulo fotovoltaico en la UTE-SD se instaló un temporizador de 12V para que el sistema fotovoltaico funcione en las siguientes horas: de 8:00 a 14:00 y de 16:00 a 22:00, tomado en cuenta que la jornada de clases termina a las 22:00. Además se pueden modificar los horarios de uso del temporizador en caso de ser necesario.

#### **4.2.7. Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>**

Los cálculos para determinar las emisiones de CO<sub>2</sub> son (CEMAER, 2016):

1 kWh producido con la combinación de todas las Fuentes de energía no renovables es  
= 0.40 Kg CO<sub>2</sub>

$$(0.45 \text{ kWh}) \times (0.40 \text{ Kg CO}_2) = 0.18 \text{ Kg CO}_2 / \text{día}$$

Al año que tiene 365 días = 65.7 Kg CO<sub>2</sub>.

Según la demanda del proyecto implementado es de 450 W/día, una vez realizados los análisis se calculó que en un año se dejara de emitir 65.7 kg CO<sub>2</sub>. Siendo un aporte a la remoción de este contaminante que contribuye a la disminución de la huella de carbono que se tiene en cuenta los seis tipos de gases considerados en el Protocolo de Kioto.

#### **4.2.8. Calculo Económico**

Según la (CNEL, 2016) el kWh tiene un costo de 0.04 ctvs.

$$0,45\text{kWh} = 0,018 \text{ ctvs.}$$

Al año (365 días) = \$ 6.57

En 25 años (vida útil del módulo fotovoltaico) = \$ 164.25

### **4.3. Manual de mantenimiento prototipo fotovoltaico**

El mantenimiento básico del panel solar fotovoltaico comprende las acciones siguientes: (Schwetje, 2016)

- Limpie sistemáticamente la cubierta frontal de vidrio del panel solar fotovoltaico (se recomienda que el tiempo entre una limpieza y otra se realice teniendo en cuenta el nivel de suciedad ambiental. Para las condiciones de santo domingo se aconseja cada 4 meses). La limpieza debe efectuarse con agua y un paño suave; de ser necesario, emplee detergente
- Verificar que no haya terminales flojos ni rotos, que las conexiones estén bien apretadas y que los conductores se hallen en buenas condiciones.
- Podar los árboles que puedan provocar sombra en el panel solar fotovoltaico.

El mantenimiento básico de la batería de acumulación comprende las siguientes acciones: (Schwetje, 2016)

- Limpie la cubierta superior de la batería y proteja los bornes de conexión con grasa antioxidante para evitar la sulfatación
- Verifique que los bornes de conexión estén bien apretados.

El mantenimiento básico para el regulador de carga comprende la siguiente acción:

- Verificar que las conexiones estén correctas y bien apretadas.

El mantenimiento del inversor comprende las siguientes acciones: (Schwetje, 2016)

- Verificar que los terminales de entrada a 12v DC estén bien apretadas.
- Verificar que los terminales de salida a 115v AC estén bien apretadas.

## CONCLUSIONES

- Este proyecto técnico es un avance tecnológico para la comunidad universitaria, aportando como valor agregado una fuente de energía en casos de emergencia y ser un sistema seguro, no contaminante por no emplear combustibles fósiles en su funcionamiento.
- Con el estudio realizado en este proyecto se conoció que en el Ecuador el mercado de los paneles solares tiene un elevado potencial de crecimiento, de lo cual se puede deducir que debido a las campañas de protección del medio ambiente las personas están tomando conciencia sobre la conservación del mismo, y por el ahorro que representa a largo plazo, ya que la fuente de energía es un recurso natural renovable.
- Una vez puesto el funcionamiento el panel y comprobar su eficacia se puede concluir que ambientalmente el proyecto aporta positivamente a la conservación del medio ambiente, pero en la parte económica no es un proyecto factible debido a que la inversión realizada no se la recupera a corto ni a largo plazo en base al tiempo de vida útil del módulo fotovoltaico.



## RECOMENDACIONES

- No existe en Ecuador una regulación que incentive a invertir en energías renovables a nivel industrial o residencial, por lo tanto se recomienda realizar cualquier proyecto es factible desde el punto de vista ambiental, como se hizo evidentemente en el presente proyecto.
- Los sistemas fotovoltaicos evolucionan de manera acelerada debido a que recientemente se han descubierto materiales más económicos y con mayor rendimiento, por lo que se estima que en un corto plazo el costo del kW/h se vea reducido en comparación a los costos actuales, y por ende resultara más atractivo el uso de sistemas fotovoltaicos.

## REFERENCIAS

- Cantos Serrano, J. (2016). *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid: Paraninfo.
- CEMAER, B. (10 de diciembre de 2016). *www.gstriatum.com*. Obtenido de *www.gstriatum.com*:  
<http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2008/05/19/cuanto-co2-se-ahorra-con-la-energia-solar/>
- CNEL. (12 de Diciembre de 2016). <http://www.cnelep.gob.ec/>. Obtenido de <http://www.cnelep.gob.ec/>: <http://www.cnelep.gob.ec/portfolio-item/santo-domingo/>
- CONELEC. (2008). *Atlas Solar*. Quito.
- Consejo de Educación Superior. (2013). *Reglamento de Régimen Académico*. Quito: Gaceta Oficial del Consejo de Educación Superior.
- COP21. (30 de 11 de 2015). <http://www.mapama.gob.es/>. Obtenido de <http://www.mapama.gob.es/>: <http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/cumbre-cambio-climatico-cop21/resultados-cop-21-paris/default.aspx>
- Creus, A. (2014). *Energías Renovables*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Fernández Barrera, M. (2010). *Energía solar: Electricidad fotovoltaica*. Madrid: Librefactory.
- Fernández Salgado, J. M. (2010). *Compendio de energía solar: Fotovoltaica, térmica y termoeléctrica*. Madrid: Vicent.
- Fernández, S. (2009). *Tecnología de las energías renovables*. Madrid: Vicent.
- Fers, C. (Septiembre de 2006). *El dióxido de carbono y su impacto en el cambio climático*. Obtenido de <http://waste.ideal.es/dioxidodecarbono.htm>
- Fuentes Brieva, A., & Alvarez Redondo, M. (20015). *Prácticas de energía solar fotovoltaica*. Sevil: Profensa.
- García, G. (2008). *Energía del siglo XXI*. Madrid: Mundo Prensa.
- García, L., & Moreno, A. (2010). *Instalaciones de energía fotovoltaica: Como rentabilizar la energía solar*. Madrid: Garceta Grupo Editorial.

- García, N. (1999). *Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo*. Madrid: Iepala Editorial.
- Gil, G. (2008). *Energías del siglo XXI*. Barcelona: MUNDI-PRENSA.
- Jutglar, L. (2004). *Energía solar*. Barcelona: Ediciones CEAC.
- Kioto, P. d. (11 de 12 de 1997). <https://es.wikisource.org>. Obtenido de <https://es.wikisource.org>: [https://es.wikisource.org/wiki/Protocolo\\_de\\_Kyoto](https://es.wikisource.org/wiki/Protocolo_de_Kyoto)
- Lorenzo, E. (2014). *Ingeniería fotovoltaica*. Sevilla: Progensi.
- MAE. (27 de Agosto de 2014). <http://suia.ambiente.gob.ec>. Obtenido de <http://suia.ambiente.gob.ec>: <http://suia.ambiente.gob.ec/que-es-carbono>
- Mascarós, V. (2016). *Gestión del montaje de instalación solares fotovoltaicas*. Madrid: Marcombo.
- Méndez Muñiz, J. M. (2009). *Energía solar fotovoltaica*. Madrid: Confemetal.
- Méndez Muñiz, J., & Cuervo García, M. (2007). *Energía solar fotovoltaica*. Madrid: Fundacion Confemetal.
- Pareja Aparicio, M. (2009). *Energía fotovoltaica: Cálculo de una instalación aislada*. Barcelona: Marcombo.
- Romero Tous, M. (2010). *Energía solar fotovoltaica*. Barcelona: Ediciones CEAC.
- Schwetje, O. (12 de Noviembre de 2016). *Paneles Solares*. Recuperado el MARTES de JULIO de 2016, de <http://www.proviento.com.ec/panelesolares.html>
- Villacreses, G. (2014). *Solar*. Recuperado el MARTES de JULIO de 2016, de [http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/SOLAR\\_DOSSIER.pdf](http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/SOLAR_DOSSIER.pdf)
- Villarig, J. M. (2016). *Energías renovables: El clima pide renovables*. Madrid: Anuario.
- Yoleysi, C. (22 de Noviembre de 2016). *Renova- energía*. Obtenido de Renova-energía: <http://www.renova-energia.com/energia-renovable/energia-solar-fotovoltaica/>