

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**

**TEMA:**

**Implementación de un sistema de iluminación con energía renovable controlada por Arduino, para el laboratorio de electricidad de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.**

**AUTOR:**

**YÉPEZ ALVARADO, JONATHAN JOSEP**

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de  
**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**TUTOR:**

**M.Sc. Quezada Calle, Edgar Raul**

**Guayaquil, Ecuador**

**11 de marzo del 2019**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por YÉPEZ ALVARADO, JONATHAN JOSEP, como requerimiento para la obtención del Título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**TUTOR**

---

M.Sc. Quezada Calle, Edgar Raul

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

**Guayaquil, a los 11 días del mes de marzo del año 2019**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

### **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, YÉPEZ ALVARADO, JONATHAN JOSEP

#### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Implementación de un sistema de iluminación con energía renovable controlada por Arduino, para el laboratorio de electricidad de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo**, previo a la obtención del Título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 11 del mes de marzo del año 2019**

**EL AUTOR**

---

YÉPEZ ALVARADO, JONATHAN JOSEP



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

### **AUTORIZACIÓN**

Yo, YÉPEZ ALVARADO, JONATHAN JOSEP

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Implementación de un sistema de iluminación con energía renovable controlada por Arduino, para el laboratorio de electricidad de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

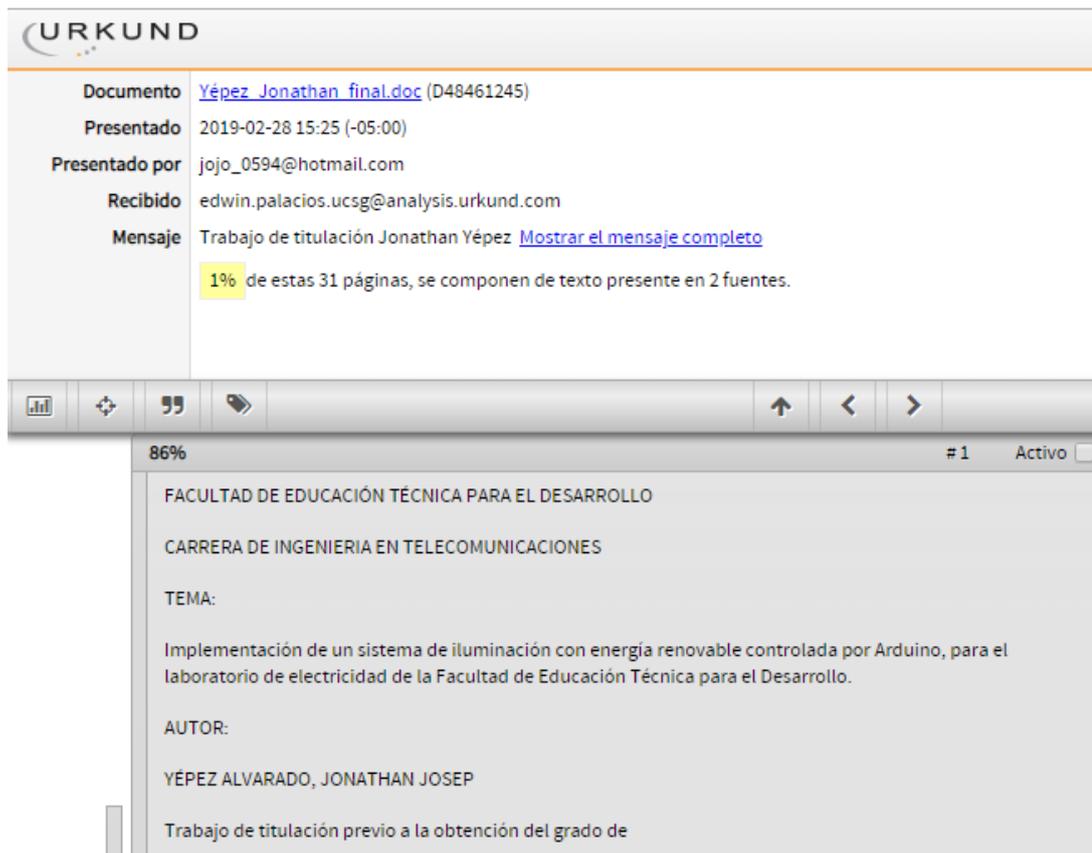
**Guayaquil, a los 11 del mes de marzo del año 2019**

**EL AUTOR:**

---

YÉPEZ ALVARADO, JONATHAN JOSEP

## REPORTE DE URKUND



The screenshot displays the URKUND interface. At the top, the URKUND logo is visible. Below it, a table provides document details:

Documento	<a href="#">Yépez Jonathan final.doc</a> (D48461245)
Presentado	2019-02-28 15:25 (-05:00)
Presentado por	jojo_0594@hotmail.com
Recibido	edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	Trabajo de titulación Jonathan Yépez <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a> 1% de estas 31 páginas, se componen de texto presente en 2 fuentes.

Below the table is a navigation bar with icons for search, zoom, and navigation. The main content area shows a preview of the document at 86% zoom, page #1, and 'Activo' status. The document content includes:

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES  
TEMA:  
Implementación de un sistema de iluminación con energía renovable controlada por Arduino, para el laboratorio de electricidad de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.  
AUTOR:  
YÉPEZ ALVARADO, JONATHAN JOSEP  
Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de

El presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Yépez Alvarado Jonathan Josep, se adjunta documento de reporte de URKUND de la revisión final. El porcentaje de coincidencia es del 1% como requerimiento para la obtención de título de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES.

Atentamente.

---

Ing. Edgar Quezada Calle, M.Sc.

DOCENTE – TUTOR

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser el pilar principal en toda mi vida por iluminar mi sendero y darme la sabiduría y fortaleza suficiente para culminar mi etapa universitaria.

A mis Padres, quienes han sido mi mayor sustento, apoyándome siempre en las etapas difíciles de mi vida, brindándome su apoyo incondicional, pero sobre todo por su infinito amor y su ejemplo que me ha permitido ser una persona de bien.

A mi abuela, tías y primas por brindarme su apoyo, confianza y cariño para que yo pueda ser un ejemplo a seguir.

## **AGRADECIMIENTO**

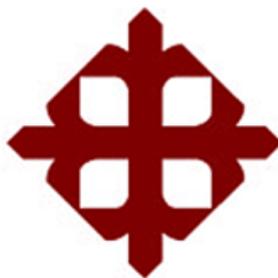
A Dios por brindarme la salud necesaria para culminar mi etapa universitaria.

A mis padres por realizar el esfuerzo necesario para que pueda cumplir esta meta propuesta.

A mis compañeros de clase por brindarme su apoyo en todas las adversidades de este periodo de estudio.

A la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil en especial a la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo y sus catedráticos quienes fueron de gran ayuda para adquirir nuevos conocimientos.

Al ingeniero Edgar Quezada por proveerme sus conocimientos, consejos y el apoyo constante para realizar este trabajo de titulación.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS**  
DECANO

---

**M. Sc. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO**  
COORDINADOR DEL ÁREA

---

**M.Sc. BOHÓRQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO**  
OPONENTE

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XIV</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL</b> .....	<b>3</b>
1.1. INTRODUCCIÓN .....	3
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: .....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN:.....	3
1.4. OBJETIVOS DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
1.4.1 <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2 <i>Objetivo específico</i> .....	4
1.5. IMPORTANCIA .....	4
1.6. HIPÓTESIS:.....	4
1.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
<b>CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	<b>6</b>
2.1. INTRODUCCIÓN .....	6
2.2. CLASES DE ENERGÍAS RENOVABLES.....	6
2.2.1 <i>Energía Eólica</i> .....	6
2.2.2 <i>Energía Marítima</i> .....	13
2.2.3 <i>Energía solar</i> .....	15
2.2.4 <i>Energía Fotovoltaica</i> .....	16
2.3. ANTECEDENTES DE ARDUINO .....	22
2.3.1 <i>¿Qué es Arduino?</i> .....	23
2.3.2 <i>Características placa Arduino</i> .....	24
2.3.3 <i>Multiplataforma</i> .....	24
2.4. ARDUINO UNO .....	24

2.5.	ARDUINO NANO .....	25
2.5.1	<i>Cables FTDI:</i> .....	26
2.5.2	<i>Breadboard FTDI:</i> .....	28
2.6.	MÓDULOS DE 4 RELÉS PARA ARDUINO .....	29
2.7.	TECNOLOGÍAS USADAS EN ILUMINACIÓN .....	30

### **CAPÍTULO 3: APORTACIONES DEL ESTUDIANTE Y RESULTADOS**

<b>OBTENIDOS.</b> .....	<b>31</b>	
3.1.	CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN.....	31
3.1.1	<i>Radiación Solar</i> .....	31
3.2.	FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA RADIACIÓN SOLAR RECIBIDA EN LA TIERRA. ....	32
3.2.1	<i>Factores geográficos y astronómicos</i> .....	32
3.2.2	<i>Medida de la radiación solar</i> .....	33
3.2.3	<i>Factores atmosféricos</i> .....	33
3.2.4	<i>Cálculo de la fuerza del viento sobre el sistema fotovoltaico</i> ..	34
3.3.	ILUMINACIÓN LED .....	35
3.4.	DATOS DEL LABORATORIO DE ELECTRICIDAD .....	36
3.5.	RADIACIÓN SOLAR EN GUAYAQUIL .....	37
3.6.	ESTUDIO DE LA CARGA DEL LABORATORIO DE ELECTRICIDAD.....	39
3.6.1	<i>Rendimiento de la instalación</i> .....	40
3.6.2	<i>Energía real actual a suministrar</i> .....	41
3.7.	HORA PICO SOL .....	42
3.7.1	<i>Potencia real que debe generar el sistema fotovoltaico</i> .....	44
3.8.	CARACTERÍSTICAS DEL PANEL SOLAR .....	44
3.7.2	<i>Numero de paneles solares</i> .....	45
3.9.	SELECCIÓN DEL INVERSOR.....	46
3.10.	CALCULO DEL BANCO DE BATERÍAS.....	46
3.11.	CONEXIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS .....	47
3.10.1	<i>Ley de Kirchhoff (Divisor de Corriente)</i> .....	47
3.10.2	<i>Lámparas Fluorescentes</i> .....	47
3.10.3	<i>Lámparas LED</i> .....	47
3.12.	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA .....	48

3.13. COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE SISTEMA ANTIGUO Y EL SISTEMA ACTUAL	48
---	----

<b>CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>50</b>
4.1. CONCLUSIONES	50
4.2. RECOMENDACIONES	50
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>52</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>62</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

## Capítulo 2

<i>Figura 2. 1: Potencial Disponible Bruto Total</i> .....	10
<i>Figura 2. 2: Potencial Factible a corto plazo</i> .....	11
<i>Figura 2. 3: Composición de una instalación solar fotovoltaica aislada</i> .....	17
<i>Figura 2. 4: Semiconductor</i> .....	18
<i>Figura 2. 5: Célula Monocristalina</i> .....	19
<i>Figura 2. 6: Célula Policristalina</i> .....	20
<i>Figura 2. 7: Célula Amorfa</i> .....	20
<i>Figura 2. 8: Regulador de carga</i> .....	21
<i>Figura 2. 9: Acumulador de Energía o Batería</i> .....	22
<i>Figura 2. 10: Inversor de corriente DC/AC</i> .....	22
<i>Figura 2. 11: Arduino UNO</i> .....	24
<i>Figura 2. 12: Arduino Nano</i> .....	26
<i>Figura 2. 13: Cable FTDI - USB</i> .....	27
<i>Figura 2. 14: Pin de salida de 6 vías</i> .....	27
<i>Figura 2. 15: Placa FTDI - USB</i> .....	28
<i>Figura 2. 16: Módulo de 4 Relay</i> .....	29

## Capítulo 3

<i>Figura 3. 1: Trayectorias descritas por el sol</i> .....	32
<i>Figura 3. 2: Declinación con respecto a la línea Tierra/Sol</i> .....	33
<i>Figura 3. 3: Lámparas LED</i> .....	36
<i>Figura 3. 4: Ubicación Laboratorio de electricidad</i> .....	37
<i>Figura 3. 5: Radiación Global Horizontal</i> .....	38
<i>Figura 3. 6: Insolación Directa Promedio</i> .....	39
<i>Figura 3. 7: Radiación Global</i> .....	43
<i>Figura 3. 8: Cuadro comparativo de Watios/hora</i> .....	48
<i>Figura 3. 9: Cuadro comparativo del pago anual</i> .....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

### Capítulo 2

<i>Tabla 2. 1: Especificaciones Técnicas de la placa Arduino</i> .....	25
<i>Tabla 2. 2: Especificaciones Técnicas de la placa Arduino Nano</i> .....	26
<i>Tabla 2. 3: Descripciones de las señales del cable FTDI</i> .....	28

### Capítulo 3

<i>Tabla 3. 1: Valores utilizados para medir la radiación solar.</i> .....	33
<i>Tabla 3. 2: Fenómenos atmosféricos sobre la radiación solar.</i> .....	34
<i>Tabla 3. 3: Valores nominales de los equipos del Laboratorio de Electricidad</i> .....	40
<i>Tabla 3. 4: Promedio de Horas pico sol en Guayaquil.</i> .....	43
<i>Tabla 3. 5: Datos nominales del panel solar</i> .....	45

## RESUMEN

Con el transcurrir de los años la demanda de energía eléctrica provocó que se busquen alternativas para la generación de electricidad, por consiguiente, esto repercute de manera directa en la contaminación ambiental, debido a que la generación de energía conlleva la necesidad de explotar recursos que emiten grandes cantidades de contaminación al entorno donde habitamos. Como solución para terminar con esta problemática ambiental apareció como una alternativa la energía solar fotovoltaica, cabe recalcar que este sistema permite solventar en gran medida las necesidades energéticas de las familias ecuatorianas. Este proyecto tiene como finalidad la implementación de un sistema de iluminación LED por medio de módulos fotovoltaicos en el laboratorio de electricidad de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, y tiene como objetivo reducir el consumo del kilovatio hora provenientes de sistemas considerados contaminantes para el planeta. Se realizó un levantamiento de toda la información requerida para la implementación de este sistema y se calcularon la cantidad de equipos a utilizar y la capacidad de dichos equipos. Para el desarrollo del trabajo de titulación se tomaron en cuenta ciertos parámetros tales como: levantamiento de carga en área específica, cálculo de equipos cantidad y capacidades a usar en la implementación. A su vez, se realizó una cotización de equipos a utilizar.

***Palabras Claves: (Energía renovable, Energía solar, Iluminación LED, Sistema fotovoltaico, Arduino.)***

## **ABSTRACT**

Over the years, the demand for electric power led to the search for alternatives for the generation of electricity, therefore, this directly affects environmental pollution, since the generation of energy leads to the need to exploit resources that emit Large amounts of pollution to the environment in which we live As a solution to put an end to this environmental problem appeared as an alternative photovoltaic solar energy, it should be emphasized that this system makes it possible to solve the energy needs of Ecuadorian families. The objective of this project is to implement a system of LED lighting through photovoltaic modules in the Electricity Laboratory of the Faculty of Technical Education for development, and aims to reduce the consumption of kilowatts per hour of systems considered polluting the planet. We carry out a study of all the information required for the implementation of this system and calculate the amount of equipment that will be used and the capacity of said equipment. For the development of this project, certain parameters were taken into account, such as the lifting of load in a specific area, the calculation of the quantity of equipment and the capacities that will be used in the implementation. At the same time, a list of the equipment to be used was made.

***Palabras Claves: (Renewable energy, Solar energy, LED lighting, Photovoltaic System, Arduino.)***

## INTRODUCCIÓN

La investigación se llevó a cabo dado que nuestro planeta tierra necesita un descanso, respiro debido a la contaminación ambiental producida por los seres humanos, una de estas es la electricidad obtenida por el caudal de los ríos o por medio de energía nuclear, las cuales producen daños irreversibles en la capa de ozono, por tal motivo este trabajo de titulación da como pauta para la concientización de todos los estudiantes de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

Lo provechoso de estos sistemas de energías amigables con el planeta es que fueron creadas como fuentes energéticas inagotables, además no producen contaminación ambiental lo que conlleva a una ventaja para los seres que habitamos el planeta.

Según, (Peláez Samaniego & Espinoza Abad, 2005) establece que actualmente la energía solar es un recurso infinito de energía renovable, que se obtiene por medio de la radiación electromagnética producida por el Sol. Hoy en día el calor y la luz del astro rey puede generar energía ya sea eléctrica o térmica a través de diferentes medios como células fotovoltaicas o colectores térmicos.

# **CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL**

## **1.1. Introducción**

En esta sección se describe, los diferentes criterios que se analizaron profundamente antes de formular el tema de investigación.

## **1.2. Planteamiento del problema:**

Los cortes de energía eléctrica convencional y sus fluctuaciones que se producen en nuestro país ocasionan daños en los diferentes componentes electrónicos y pérdidas de información en los equipos de cómputo del laboratorio de electricidad, por lo tanto, se desea que la iluminación y los puntos de energía que alimentan a las computadoras de la sala de profesores del mismo estén funcionando interrumpidamente.

## **1.3. Justificación:**

La implementación de este proyecto a través de los años se ha venido desarrollando con mucha superación en diferentes partes del mundo esto se debe a que es una energía limpia, mientras que los costos por facturación del alumbrado que está actualmente en el laboratorio son elevados, mediante este trabajo lo que se quiere es implementar lámparas LED alimentadas por un sistema de paneles solares para el correcto funcionamiento del laboratorio lo cual nos beneficia disminuyendo los valores a pagar en las planillas de energía.

Para este trabajo no es recomendable la compra de generadores y UPS debido a que es un espacio físico reducido y no se justifica tenerlos para mantener iluminado el laboratorio de electricidad y sus equipos de cómputo.

Mediante un sistema de microcontroladores podremos realizar la automatización del sistema de iluminación renovable, obtener información de la carga restante de las baterías, las cuales servirán para almacenar la energía suficiente en caso de un apagón de energía eléctrica que ocurra dentro de nuestro establecimiento. Utilizaremos sensores de luminosidad

para mantener perfectamente alumbrado la sala de profesores del laboratorio.

## **1.4. Objetivos del Problema de Investigación**

### **1.4.1 Objetivo general**

Iluminar el laboratorio de electricidad de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, mediante energía renovable controlada por un microcontrolador, para minimizar costos de facturación de la CNEL.

### **1.4.2 Objetivo específico**

- Calcular la carga eléctrica a utilizar.
- Diseñar el sistema de iluminación con energía renovable.
- Realizar un programa para controlar los sensores a utilizar, mediante ARDUINO.

## **1.5. Importancia**

La implementación de la energía renovable en el laboratorio de electricidad de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, ayudará a minimizar la contaminación ambiental provocada por el uso de la energía eléctrica convencional, además se minimizará el pago de las planillas de energía eléctrica convencional. En el ámbito académico reflejará en la comunidad los conocimientos adquiridos por los graduados en nuestra facultad.

## **1.6. Hipótesis:**

La energía obtenida de los paneles solares para la iluminación del laboratorio de electricidad disminuirá el pago mensual en las planillas de pago en la CNEL.

## **1.7. Metodología de la investigación**

Para realizar este trabajo de titulación, se consideraron los diferentes parámetros a medir tales como: heliofanía, potencia de carga, cálculo de la batería, inversor, paneles solares, las variables y librerías utilizadas en el programa de control automático "Arduino".

El método de investigación utilizado en este trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Telecomunicaciones fue el científico y experimental, con la finalidad de especificar el fenómeno fotovoltaico en la aplicación de la iluminación en el laboratorio de electricidad.

Según, (R. Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) en su texto indica que el método científico es adecuado para comprobar una hipótesis, por medio de leyes científicas, postulados, teoremas u otras definiciones estudiadas en el periodo universitario, para lo cual utilizamos la observación y experimentación.

## **CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1. Introducción**

Los paneles fotovoltaicos son capaces de generar energía eléctrica para beneficio de sus consumidores, esta fuente energética es utilizada en el mismo lugar donde se realiza la instalación, parte desde el principio fundamental de la radiación solar, aplicada a los paneles solares. En determinados periodos el consumo eléctrico será superior a la energía que produce la red fotovoltaica, en estos casos se realizan cambios digitales o análogos a la red eléctrica convencional. Este tipo de instalaciones son interesantes, debido a que técnicamente se presenta como una tecnología fructífera y suficientemente desenvuelta, además económicamente son rentables debido a que su infraestructura tiene costos asequibles y la inversión inicial se recupera en cortos plazos, a partir de pagos mínimos a la empresa eléctrica. Las principales ventajas son:

- Instalaciones sumamente nuevas.
- Apogeo ha ido en aumento en los últimos 15 años.

Debido a esto las instalaciones resultan confiables y seguras, además de esto, su diseño y su montaje son sencillos. (Bastida, Saiz, Molina, & Álvarez, 2017)

### **2.2. Clases de energías renovables.**

En un principio el hombre usaba su fuerza física o la de los animales domésticos, para producir energía, con el paso del tiempo crearon energías producidas por hidroeléctricas o estaciones nucleares, pero estas generan daños a biodiversidad del planeta, por tal razón el hombre busco nuevas fuentes de energía pero que sean amigables con el medio ambiente tales como las producidas por el viento, el agua y los rayos ultravioletas producidos por el sol. (Merino, 2016)

#### **2.2.1 Energía Eólica**

Es de conocimiento general, que el aire es un fluido terrestre inodoro, incoloro, insípido; pero de mucha importancia para la existencia de

todos los seres vivos. El aire está formado por una gran cantidad de gases: nitrógeno (N), oxígeno (O), argón (Ar), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), neón (Ne), helio (He), metano (CH<sub>4</sub>), criptón (Kr), hidrógeno (H<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), xenón (Xe), ozono (O<sub>3</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de sulfuro (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), amoníaco (NH<sub>3</sub>). Cada uno de estos componentes tienen una masa, un volumen y por lo tanto una densidad. El nitrógeno con cerca del 78 %, es uno de los principales componentes del aire seguido del oxígeno y el argón, con el 21 y el 1% respectivamente. Entre los demás componentes suman el 1% de la estructura del aire. La variabilidad de las sustancias nombradas en su manifestación atmosférica se rige por la Ley de los Gases, es decir, el volumen dependerá en gran medida de la temperatura y la presión. (Peláez & Espinoza, 2005)

#### **2.2.1.1. El viento.**

Son movimientos verticales u horizontales de masas de aire producido en la atmósfera de manera natural, es normal utilizar ciertos términos o interpretaciones, cuando se labora con energía eólica y los principales son: (Peláez & Espinoza, 2005)

#### **2.2.1.2. Velocidad del viento.**

Es una cantidad atmosférica que se lleva a cabo por el aire que está en movimiento a alta o baja presión esto se debe a los cambios de temperaturas. Para realizar su medida existe un instrumento llamado anemómetro que se utiliza para medir su velocidad, las unidades de medidas que se utilizan comúnmente son: m/s (metro por segundo), km/h (kilómetro por hora) en el Sistema Internacional, y ft/s (pies por segundo), mi/h (millas por hora). (Peláez & Espinoza, 2005)

#### **2.2.1.3. Dirección del viento.**

Este es un indicador de la orientación de donde procede el viento. Se toma como referencia mediante planos cartesianos/rectangulares o de forma polar, en referencia a los puntos cardinales y si es en función de una circunferencia, en grados. Como ejemplo tenemos que, una corriente de

aire que viene desde el norte sopla en sentido contrario ósea hacia el sur. En grados una corriente de viento de 45° representa un viento que emana de la dirección noreste que va camino hacia el suroeste (45° respecto del norte medido en sentido horario). (Pelález & Espinoza, 2005)

#### **2.2.1.4. Densidad del Aire**

No se puede dejar pasar, que, desde el punto de vista energético, otra característica importante del viento es la Densidad. La cual está ligada a la energía del viento, podemos decir que es directamente proporcional a su densidad; esto quiere decir que a medida que la densidad aumenta incrementará la energía del viento. Debido a que está compuesto por varios gases, la densidad del aire no es un valor estable en el tiempo. Es de conocimiento general, que los gases varían su espesor, de acuerdo, a la temperatura y presión a la que sean expuestos. (Pelález & Espinoza, 2005)

#### **2.2.1.5. Identificación de sitios eólicos.**

Debido a las diferentes variables que influyen en el comportamiento implica que no exista un método seguro para encontrar lugares propicios para generarla. A pesar de esto se las puede obtener realizando un análisis de los siguientes indicadores:

- Mapas eólicos
- Mapas isobaras
- Indicadores biológicos
- Configuración orográfica
- Experiencia de pobladores
- Campañas de medición

Un instrumento útil para recoger información pertinente son los mapas Eólicos, los cuales determinan si un lugar o región tiene las características para la implementación del mismo. Las diferentes velocidades y direcciones del viento son referencias fundamentales para la creación de los mapas Eólicos. (Pelález & Espinoza, 2005)

### **2.2.1.6. Energía eólica en el Ecuador**

Según, (Cadena et al., 2010) una de las fuentes de energía amigable para el planeta, que ha impactado en el desarrollo tecnológico y de crecimiento enorme en las últimas décadas es la energía eólica. Es una tecnología que está en fase de comercialización y de propagación a gran escala, se espera que existan avances tecnológicos continuos en sus diseños, seguridad, captura de la energía y a su vez los costos de operación y mantenimiento disminuyan considerablemente, el Ecuador cuenta con grandes recursos de energías renovables, y en específico dispone de un gran potencial de energía eólica, se estima un potencial Disponible Bruto Total de 1670MW y un Potencial Factible a corto plazo de 884MW, para la determinación de estos potenciales se tomó en consideración varias premisas:

- Se realizó la integración de todas las áreas que presentan velocidades medias anuales iguales o mayores a 7m/s.
- Se consideró curvas medias del rendimiento de los motores eólicos instalados en torres a 80m de altura.
- Para la valoración de generación de energía eléctrica, se utilizó una densidad media de 3MW/km<sup>2</sup>.
- Se adopta un factor de disponibilidad de 0,98; que es considerado típico para los parques eólicos.
- Para el cálculo de estos factores fue usada la densidad del aire a 3500 m.s.n.m. que tiene un valor de 0,87kg/m<sup>3</sup>.
- Se generan las estimaciones de dos contextos: el Potencial Bruto Total y el Potencial Factible a Corto Plazo. El primer escenario toma en consideración todas las zonas bajo los 3500 m.s.n.m., con velocidades mayores a 7m/s. El segundo, pone en consideración los sitios que se encuentran a una distancia por debajo o igual a 10km de las redes eléctricas convencionales y carreteras.

A continuación, se ilustran las siguientes figuras 2.1 y 2.2 correspondientes a los dos escenarios mencionados anteriormente. (Cadena et al., 2010)

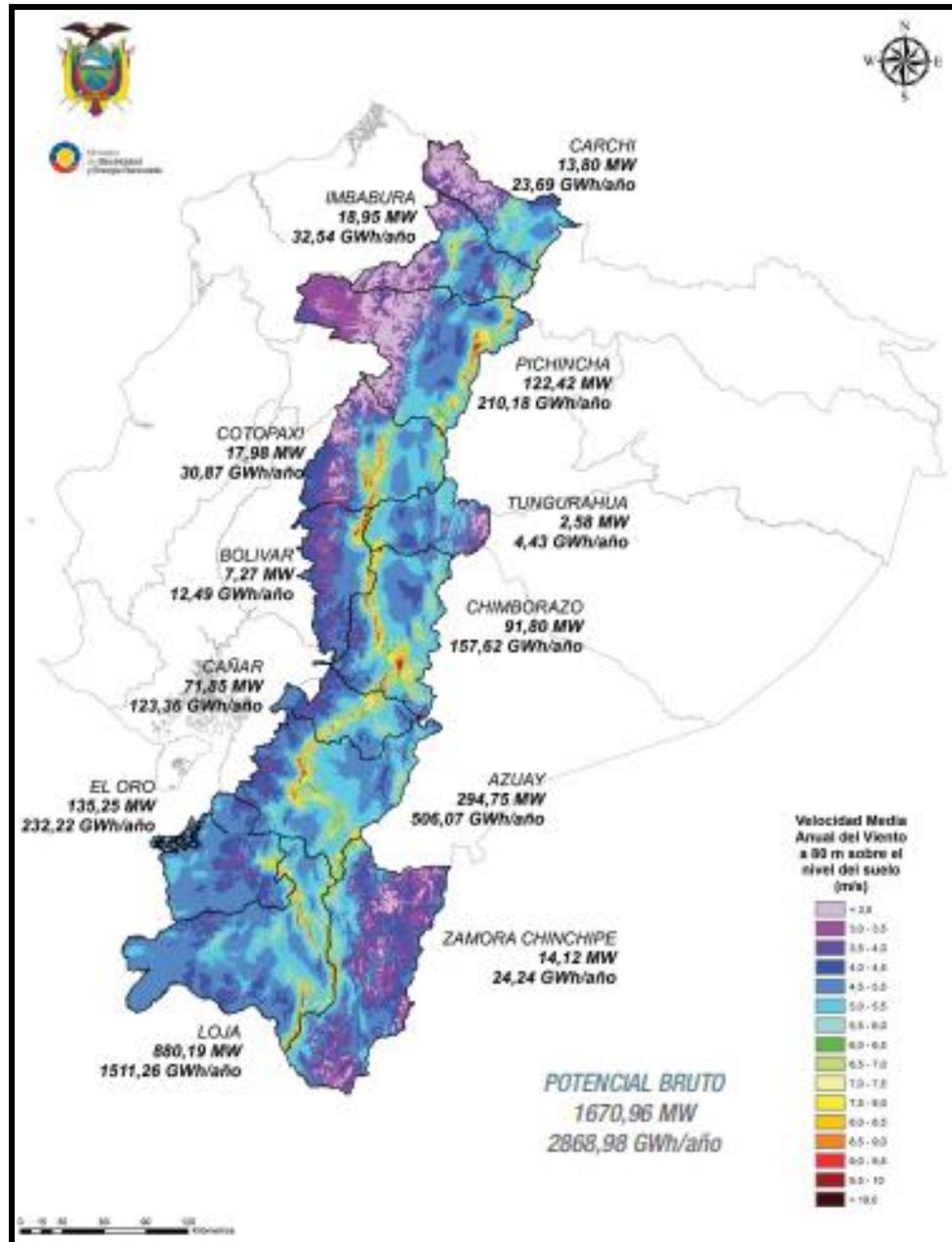


Figura 2. 1: Potencial Disponible Bruto Total Fuente: (Cadena et al., 2010)

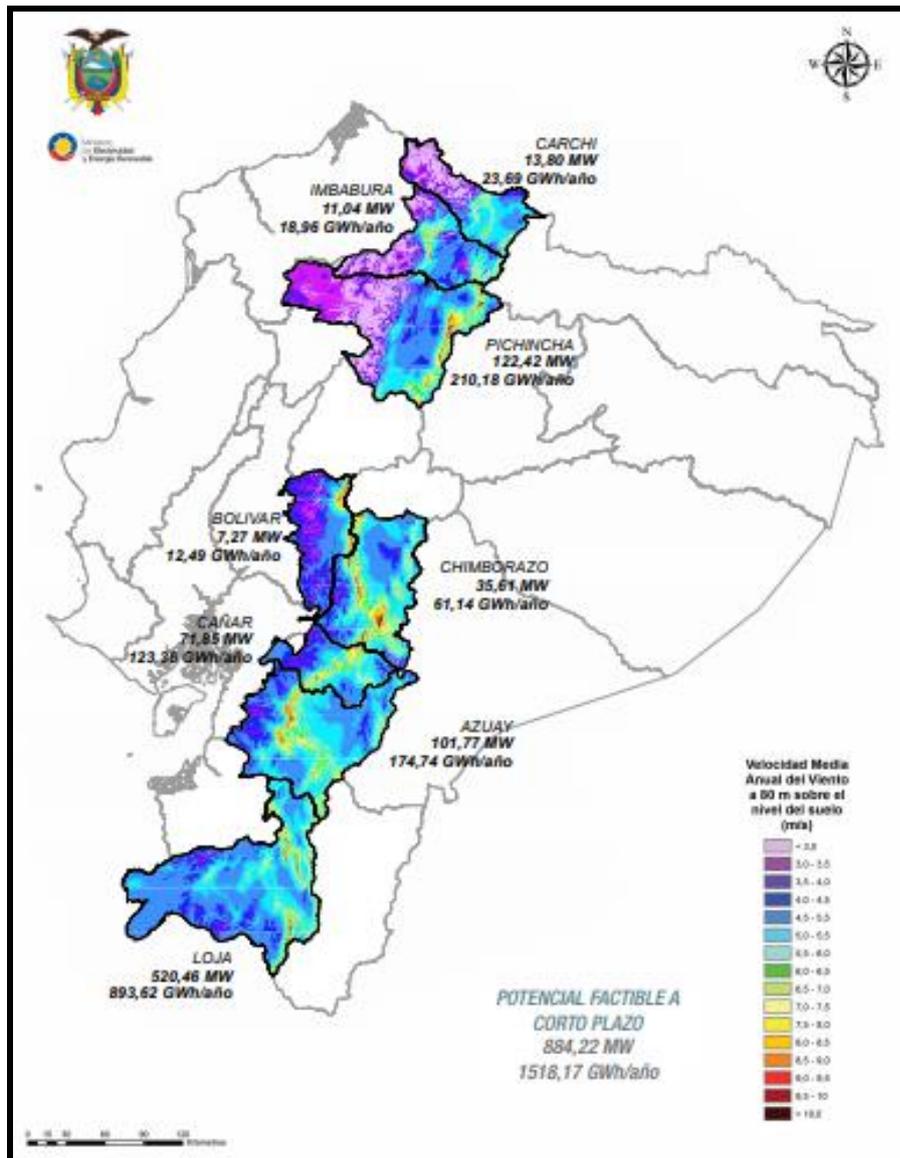


Figura 2. 2: Potencial Factible a corto plazo  
Fuente:(Cadena et al., 2010)

A partir de parques eólicos situados en las zonas con mejor recurso de viento y mediante el estudio de la orografía del territorio ecuatoriano, se dividen en cuatro zonas atmosféricas:

1. Zona Oriental o Amazónica, su densa vegetación y su extensa selva intervienen de manera tajante en la reducción de la velocidad de los vientos alisios en los lugares próximos al suelo.
2. Zona de la Cordillera de los Andes, se produce lo que en física de fluidos se conoce como efecto Venturi, ya que, en esta

parte del territorio se comprimen los vientos, y como resultado tenemos una aceleración de los mismo.

3. Zona Litoral o Costa, en esta parte del país interactúan vientos alisios del este con dos movimientos locales: se establece la brisa por la divergencia de temperaturas entre el continente y el océano, y por la influencia de la Cordillera de los Andes la circulación valle-montaña. Se da paso a una variación del recurso y la localización de puntos estratégicos con velocidades superiores al entorno debido a la combinación del viento global con el local.
4. Islas Galápagos, tienen tres características importantes para entender la distribución del viento en esta zona del país: son islas, volcánicas que están bajo la influencia de los vientos alisios. Debido a que son islas, reciben vientos globales con ausencia de perturbaciones que en otras partes del continente; no obstante, los vientos alisios en latitudes bajas tienen limitada intensidad. Finalmente, debido a su forma de archipiélago volcánico, hace que las pendientes que se forman sean de gran tamaño y que en gran medida formen un laberinto por el cual el viento converge y diverge; es decir se acelera y se frena en un espacio relativamente pequeño, con la presencia además de diferentes cambios de dirección. (Cadena et al., 2010)

El efecto Venturi, produce que el motor tenga un alto rendimiento aerodinámico, de lo que se puede obtener con los generadores de diseño convencional. (Martín, 2011)

#### **2.2.1.7. Proyecto Eólicos en el Ecuador.**

Actualmente el país cuenta con dos proyectos ecológicos en las Islas Galápagos, el primero ubicado en San Cristóbal y su ubicación geográfica en el Cerro Tropezón en el año 2007, la potencia instalada alcanza los 2.4 MW por otra parte, el Parque Eólico Baltra-Santa Cruz, que en su fase inaugural de 2,25 MW aportará con 6,0 GWh/año de energía. (Ayala, 2015)

El objetivo primordial del Proyecto Eólico San Cristóbal es sustituir su sistema de generación que está basado en la combustión de diésel, por una fuente de energía limpia. Este parque eólico está ubicado en el Cerro El Tropezón, de la Isla San Cristóbal, se compone por tres aerogeneradores de 800 kW cada uno, por lo tanto, tiene una potencia total instalada de 2.400 kW. Cada torre tiene una altura de 51.5 y cada una de sus aspas tiene un diámetro de 59 metros. Cada estación aerogeneradora cuenta con su transformador de elevación, inversor, cables de conexión, equipos auxiliares y materiales adicionales. El diseño de las estaciones aerogeneradoras instaladas es apropiado para aprovechar de la mejor manera las condiciones atmosféricas en la zona. (Global Sustainable Electricity Partnership, 2003)

A inicios del año 2013 se dio inicio al proyecto del parque eólico Villonaco, siendo así la primera instalación de este tipo en Ecuador ubicado en una zona de gran altitud sobre los 2500 metros de altura sobre el nivel del mar, este proyecto fue uno de los más innovadores a nivel mundial llamo la atención debido a las características de la zona donde se construyó, con vientos de 12,6 m/s a una altura de 2.720 msnm. Se encuentra el sector sur del país provincia de Loja, en el cerro Villonaco, cuenta con once aerogeneradores cada uno genera una potencia de 1,5 MW, es decir, un total de 15 MW con 56 GWh/año, como meta principal se espera que genere aproximadamente el 20 por ciento de energía renovable en el sur de Ecuador, es considerado como uno de los proyectos más representativos por el Estado, por la gran contribución a la soberanía energética del país y la diversificación de la matriz energética. (Ayala, 2015)

### **2.2.2 Energía Marítima**

Según, (Abad, 2013) las energías renovables de este tipo son amigables con el planeta, estas se originan por diferentes métodos proporcionados por la naturaleza y que tienen su lugar de origen en el medio oceánico. Existen cuatro modelos de energía marina entre ellas tenemos; la energía eólica que se puede obtener mediante generadores situados en el mar; a partir de los recursos submarinos se obtiene otra

fuerza de energía como la energía geotérmica y por último la bioenergía, esta energía se obtiene a través de la extracción de la biomasa marina. Existe también la energía renovable oceánica que se obtiene de seis diferentes fuentes con operación, principios y tecnologías distintas para su transformación, pero a su vez tienen en común que se obtienen a partir de energía potencial, cinética, térmica y química de las aguas marinas. Existen seis formas de obtener esta energía oceánica:

- a. Movimiento de las olas del mar
- b. Extensión de las mareas
- c. Corrientes de las mareas
- d. Corrientes marinas
- e. Transformación de energía térmica oceánica
- f. Gradientes de salinidad.

Según las formas anteriores, las olas, que se generan a partir de la acción del viento sobre el nivel del mar, son capaces de producir energía que puede ser bien aplicada. De la misma manera, la extensión de las pleamares produce una gran cantidad de energía por medio de la subida y caída cíclicas de las mareas. El mismo proceso ocurre con las corrientes de marea, que se forman, debido al movimiento horizontal del agua que se origina por la subida y bajada de la marea. En mar abierto se producen otra fuente de energía que son las corrientes oceánicas. Se hace referencia a la transformación de energía térmica oceánica, estos procesos obtienen el rendimiento necesario de la energía solar que absorben los océanos, lo cual se basa en la divergencia de temperatura que consta entre las capas más superficiales y las capas más profundas, mucho más templadas. Es imperioso, que actúe una divergencia de temperatura de al menos 20°C Entre ambas capas. Esta fuente de energía puede aplicarse en regiones ecuatoriales y zonas tropicales ya que son zonas que tienen un gran potencial en ciertas áreas. Para generar los gradientes de salinidad tienen lugar con la mezcla de agua dulce y salada, se libera energía en forma de calor y se produce en lugares donde desembocan los ríos. Mediante el proceso de electrodiálisis inversa se aprovecha al máximo esta energía, que tiene su principio en la diferencial de potencial químico que se produce

entre el agua dulce y el agua salada. Estas tecnologías tienen un nivel de desarrollo dispar, pero la gran mayoría se encuentran en el génesis de su estudio, que fluctúa entre su fase conceptual hasta la de su diseño, y pasando por su etapa de investigación e implementación. (Abad, 2013)

### **2.2.3 Energía solar**

#### **2.2.3.1. *Historia de la energía solar***

Desde la cultura griega se empezó a construir viviendas que absorbían la totalidad de la radiación solar producida en el invierno. Es totalmente seguro que no pudo ser la única cultura del mundo en realizarlo. Años más tarde, otros individuos creyeron haber descubierto por primera ocasión aquellas mejoras de tratar con las bondades que nos proporciona el Sol, en la actualidad se requiere de una investigación prodigiosa la cual desarrolle ámbitos amigables de la energía solar que es considerada como una extraña fuente energética, antes de que se realice su implementación. Este trabajo incorpora conocimientos referentes a la energía entregada por el astro rey que ha ido creciendo y evolucionando con el correr de los años. (Vásquez, 1995)

Es una fuente inagotable de recursos energéticos, genera un gran reto para la ingeniería; al captarla para fines de innovación buscando realzar la calidad de vida para los habitantes ciudadanos y rurales, dejando un ambiente más amigable para las generaciones venideras. (Ladino, 2011)

(Godfrin & Durán, 2004), establece que además, de emplear la energía solar por medio de procesos naturales, es viable utilizar esta energía convirtiéndola artificialmente en energía térmica y eléctrica de forma similar como se usan otras fuentes de energía como el petróleo, gas, carbón, entre otros. Desde los comienzos el hombre utilizó la energía solar como método de tecnologías simples, por ejemplo: secado de carnes, frutas y el cultivo en invernaderos. Para el uso de manera intensiva de esta fuente energética se requiere el empleo de varias tecnologías aplicadas y desarrolladas en las últimas décadas por el ser humano. La energía solar presenta dos características fundamentales:

- Su condición de energía prácticamente inagotable.
- El hecho de ser una energía no contaminante.

Es una fuente energética disponible en cualquier parte del mundo, puede ser colectada y convertida en energía eléctrica en el lugar de su implementación. Esto representa ventajas económicas, de manera particular en zonas de difícil acceso, en donde los costos por envío de combustibles convencionales (provenidos del petróleo) o sencillamente la distribución de energía eléctrica puede ser costoso. Cabe recalcar que el suministro de esta energía puede ser intermitente debido a su baja intensidad, por lo que es necesario acumular la energía suficiente para la utilización en horas nocturnas o en estaciones del año de un periodo de insolación casi nulo como el invierno. (Godfrin & Durán, 2004)

#### **2.2.4 Energía Fotovoltaica**

Una fuente principal de energía para varios procesos orgánicos que se llevan a cabo en el planeta, es el Sol. Específicamente, al planeta Tierra le llega una potencia de radiación que equivale a  $1,7 \times 10^{14}$  KW, esta potencia tiene una representación a 170 millones de reactores nucleares. La propagación de los rayos solares a través del espacio se da por medio de ondas electromagnéticas. El planeta Tierra recibe una contribución energética de aproximadamente  $1,367 \text{ W/m}^2$  a este fenómeno físico se le conoce como radiación solar. Con el paso de los meses el valor mostrado anteriormente recibe el nombre de una constante solar, el cual tiene una equivalencia de 20 veces la energía que se almacena de todas las reservas de combustibles fósiles del mundo con esto se refiere al petróleo, carbón, entre otras. Para identificar la cantidad de energía solar en determinado lugar se debe tomar en consideración:

- La hora del día,
- La estación del año
- Condiciones atmosféricas
- Latitud y longitud.

Se espera que en un futuro la energía producida por el sol comience a producir los cambios necesarios, sin embargo, hoy en día la

contribución esta energía solar al planeta no es utilizada en su totalidad. El principal factor que incentivo el desarrollo de la energía solar es el bajo costo de los paneles solares, esto evidencia el interés de los científicos del mundo en crear nuevas tecnologías, las cuales, han experimentado un gran cambio en las últimas décadas. (Haro, 2017)

Para realizar la instalación fotovoltaica, se necesitan los siguientes elementos:

1. Placa o captador fotovoltaico.
2. Regulador.
3. Acumulador o batería.
4. Convertidor o inversor.
5. Elementos para las conexiones y puesta de funcionamiento.

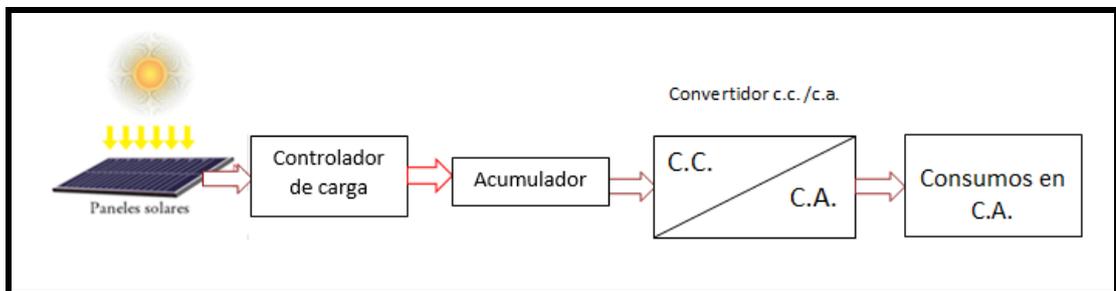


Figura 2. 3: Composición de una instalación solar fotovoltaica aislada  
Fuente: (Tobajas, 2018)

#### **2.2.4.1. Identificación de elementos que conforman el panel fotovoltaico.**

Para la transformación de la energía solar en energía eléctrica, se utilizan los semiconductores, los cuales transforman la energía recibida en corriente continua DC. Este material lleva por nombre célula solar, su funcionamiento radica en dos divisiones artificiales creadas, la primera es llamada carga positiva (P) y a la segunda como carga negativa (N). La colaboración de los dos materiales mencionados (P, N), una vez que son sometidos a exposiciones de los rayos del sol, son capaces de producir el movimiento de electrones y una vez acoplada una carga se establecerá corriente directa. (Tobajas, 2018)

El primer uso de los semiconductores en la historia se hizo presente en el campo de la electrónica, el silicio (Si) y el germanio (Ge) han sido los

elementos utilizados en innumerables aplicaciones en este campo, donde el Si es el elemento principal. Por muchos años este elemento ha servido de gran aporte a la tecnología electrónica, entre su principal ventaja se destaca que la fuente de Sílice es abundante en la Tierra por lo que no es seria costoso conseguirlo, otra característica importante es la posibilidad de producir dióxido de silicio  $\text{SiO}_2$ , el cual es usado en los dispositivos electrónicos como aislante. (Hortelano, 2015)

Un recurso valioso para el desarrollo de la industria pero poco visibilizado es el Sílice debido a su gran variedad de usos en diversos sectores empresariales como: la construcción y la tecnología, puede ser el generador de fuentes de empleo y de ayuda para el crecimiento económico de los ciudadanos de las zonas del país en el cual se explotan. Tal como sucede con el petróleo y otros productos, con los años debe convertirse en una pieza fundamental de la economía de la nación. (Cahuana, 2014)

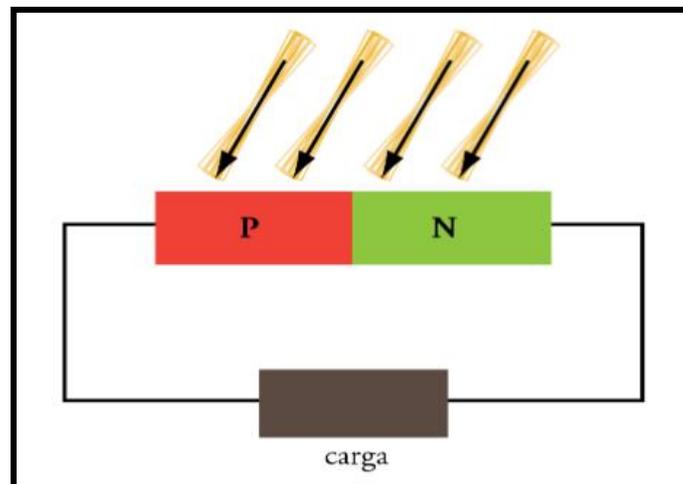


Figura 2. 4: Semiconductor  
Fuente: (Tobajas, 2018)

#### **2.2.4.2. Paneles fotovoltaicos**

Están acopladas por dos capas, una superior de cristal de silicio y otra inferior de material plástico. Ambos elementos se sitúan en una caldera a altas temperaturas como resultado se obtiene un conjunto único laminado. La función principal es recibir la energía solar y convertirla en energía eléctrica. El panel se conforma por una cantidad variable de celdas solares, conectadas eléctricamente en serie, el voltaje que se obtiene a la salida dependerá del número de celdas; para garantizar la carga efectiva de

todas las baterías; el fabricante es quien decide el número mínimo de celdas a manipular. La medida o superficie del panel oscila entre 0,5 y 1,3m<sup>2</sup>. (Tobajas Vázquez, 2018)

### **2.2.4.3. Tipos De Celda Fotovoltaicas**

El material utilizado para la fabricación de las células solares y que conforman los módulos fotovoltaicos son: Silicio monocristalino, Silicio policristalino, Silicio amorfo. (Varas & Pineda, 2015)

#### **2.2.4.3.1. Silicio Monocristalino**

Estas células están formadas por un solo cristal de silicio. En su estado natural, los átomos de silicio que fluyen por las células se encuentran distribuidos perfectamente, esta característica beneficia debido a que su conductividad se incrementa. Presentan un color azulado oscuro uniforme y se encuentran en el mercado con una forma octogonal. (Varas & Pineda, 2015)



Figura 2. 5: Célula Monocristalina  
Fuente: (Varas & Pineda, 2015)

#### **2.2.4.3.2. Silicio Policristalino**

Están constituidas por un conjunto de cristal de silicio, estas células tienen una pureza minúscula con relación al monocristalino. En

consecuencia, su rendimiento disminuirá. Como característica principal, su color azul no uniforme. En el mercado son los más utilizados para proyectos a gran escala. (Varas & Pineda, 2015)

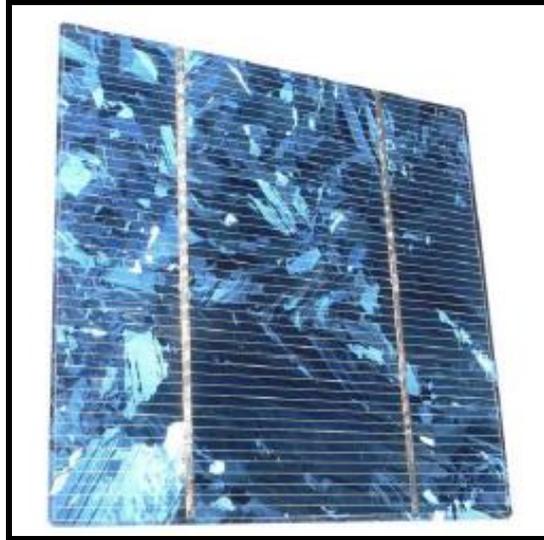


Figura 2. 6: Célula Policristalina  
Fuente: (Varas & Pineda, 2015)

#### **2.2.4.3.3. Silicio Amorfo**

En estos elementos no se encuentra la red cristalina, por lo tanto, su rendimiento es mínimo con relación a los mencionados anteriormente. Su principal ventaja radica en que, son los de costos accesibles y a su vez es un material que capta fácilmente la luz solar. (Varas & Pineda, 2015)



Figura 2. 7: Célula Amorfa  
Fuente: (Varas & Pineda, 2015)

#### **2.2.4.4. Reguladores de carga**

Su objetivo es de proteger a las baterías de las sobrecargas de energía en condiciones extremas de funcionamiento. Tales dispositivos están encargados de ajustar y nivelar la energía eléctrica que sale del módulo fotovoltaico, debido a que está en función de la irradiación solar y puede ser capaz de exceder la capacidad de las baterías. En la siguiente imagen se puede observar un regulador de carga eléctrica y con selección automática de tensión como función principal atenúa los daños por malas instalaciones, con un voltaje de sistema de 12 y 24 V<sub>dc</sub>. (Bejarano, 2011)



Figura 2. 8: Regulador de carga  
Fuente: (Seligo, 2010)

#### **2.2.4.5. Baterías o acumuladores**

Estos elementos acumulan la energía producida por el sistema fotovoltaico durante el día para ser utilizada en las noches o en periodos donde la radiación solar este fuera del alcance del sistema de energía renovable. En la figura 2.9, se observa un acumulador de energía, el cual tiene en su interior una resistencia baja, la cual permite entregar corrientes altas, debido a esto son libres de mantenimiento este tipo de acumuladores pueden ser sometidos a ciclos profundos de descargas y cuentan con una vida útil de cinco años aproximadamente según las fichas técnicas de su procedencia. (Rivas, 2005)

Se las puede conectar de la siguiente manera:

- De manera directa del inversor para la instalación y utilización de las cargas de consumo de 12 Vcc o 24 Vcc, por medio de un convertidor DC/DC
- Proceder a convertir la corriente continua en alterna utilizando el inversor para abastecer las tensiones de 120 o 220 Vca. (Ángeles, De Jesús, & Rosales, 2009)



Figura 2. 9: Acumulador de Energía o Batería  
Fuente: (Seligo, 2010)

#### **2.2.4.6. Inversores DC/AC**

Estos aparatos electrónicos son capaces de modular corriente continua (D.C.) (como una batería) a alterna (A.C.), este proceso es el inverso a un rectificador (A.C a D.C.). En el mercado existen inversores para dos tipos de aplicaciones como las monofásicas y aplicaciones trifásicas, la primera aplicada a la mayoría de los artefactos del hogar y oficina y la segunda puestas en operación en la Industria y Distribución. (Quezada, 2012)

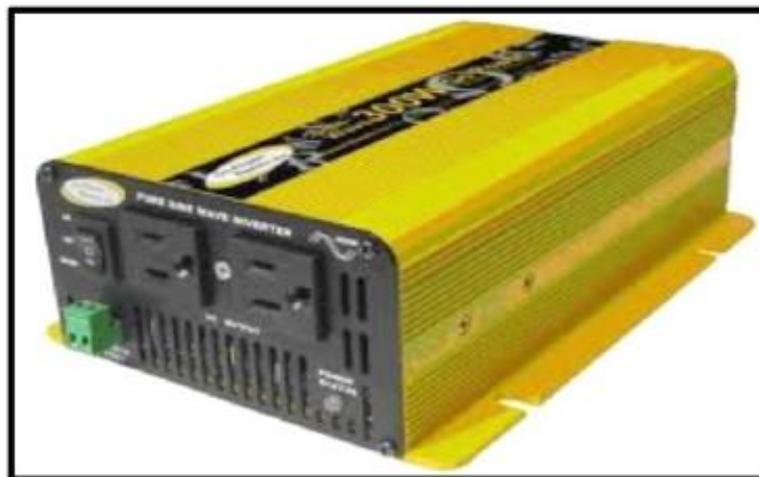


Figura 2. 10: Inversor de corriente DC/AC  
Fuente: (Seligo, 2010)

### **2.3. Antecedentes de Arduino**

Massimo Banzi, estudiante del instituto IVRAE en el año 2005 inventó la placa Arduino, al inicio se pensó en la placa como una necesidad de capacitación para todos los estudiantes de electrónica del mencionado

establecimiento educativo, todo esto se realizó, debido a que en esos años era imposible adquirir placas de micro controladores, aparte no se ofrecía todo el soporte adecuado. El propósito de esta implementación no solo era ayudar a la escuela para abaratar los costos de los proyectos escolares dentro del instituto, sino también tenía la finalidad de producir recursos económicos para evitar la bancarrota que aquejaba a la escuela. El primer prototipo fue fabricado dentro del instituto, se basaba en una simple placa de circuitos eléctricos, donde se conectaban a un micro controlador junto con resistencias, además que solo se podían conectar a la placa sensores simples como leds u otras resistencias, es más aún no contaba con un lenguaje de programación para su desarrollo. Años después, se uniría al grupo Hernando Barragán un estudiante de la Universidad de Colombia quien se encontraba realizando su proyecto de tesis y tras enterarse de este gran propósito decidió contribuir al avance de un entorno de programación del procesador de esta placa. Años después sería David Mellis otro estudiante del instituto quién mejoraría la interfaz del software. Tom Igoe, estudiante de Estados Unidos quien también se hallaba realizando su tesis, escuchó que se estaba desarrollando una plataforma de open-source, que estaba basada en una placa de micro controlador pre ensamblada. Igoe fue invitado por Banzi para colaborar con su equipo de trabajo para mejorar Arduino. Agregó puertos USB para su conectividad a una PC, haciendo la placa más potente además de esto le recomendó a Banzi la distribución del proyecto a nivel mundial. (Sanclemente, 2016)

### **2.3.1 ¿Qué es Arduino?**

Es una plataforma creada con modelos de códigos abiertos fácilmente utilizables con hardware y software respectivo. Para las diferentes instrucciones el microcontrolador utiliza lenguaje C y el software proporcionado por Arduino y mediante la programación de este instrumento se realiza él envío de toda la información para la ejecución en el microcontrolador. Arduino, es utilizado para una gran variedad de proyectos educativos. (Jácome Guerrero, 2016)

### 2.3.2 Características placa Arduino

Su funcionamiento se basa en obtener información del entorno a través de sus entradas “sensores” y proporcionar diferentes respuestas a todo aquello que lo rodea utilizando los pines de salida “indicador”. (J. Hernández, 2012)

### 2.3.3 Multiplataforma

Para la implementación de las placas Arduino en sus primeros días de existencia en el mercado se basó en los experimentos de Banzhi, uno de los motivos fue la interoperabilidad que permitía dicho dispositivo. Arduino utiliza librerías de código abierto, tales como RXTX, escritas en lenguaje C y C++ y compiladas para los diferentes sistemas operativos. Cabe recalcar que el entorno del desarrollador está escrito en lenguaje JAVA lo que permite tener un software que trabaje como multiplataforma. (J. Hernández, 2012)

## 2.4. Arduino UNO

El microcontrolador aplicado en esta placa es el ATmega238, el cual tiene una capacidad de 32 KB de memoria flash de los cuales 0,5 KB son utilizados por el bootloader, además 2 KB de memoria SRAM y 1 KB de memoria EEPROM Arduino puede conectarse a la PC a través de un puerto USB. Esta conexión se lleva a cabo por medio del chip ATmega16U2, un AVR programado como convertor de USB a serial que incluye además el controlador para los sistemas de Windows. (J. Hernández, 2012)



Figura 2. 11: Arduino UNO  
Fuente: (Arduino, 2018)

En la tabla 2.1 se detalla las características importantes de la placa Arduino.

*Tabla 2. 1: Especificaciones Técnicas de la placa Arduino*

Microcontrolador	ATmega328P
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7 – 12V
Voltaje de entrada (límite)	6 – 20V
Pin Digital PWM I/O	6

Fuente: (store.arduino.cc, 2018)

Elaborado por: Autor

Esta placa se puede alimentar de dos formas:

- Puerto USB,
- Pines  $V_{in}$  y GND

La cual permite diferencias de potencial entre 6 y 20 V, la fuente de alimentación para la placa puede ser seleccionada aleatoriamente. Para protección contra fluctuaciones y picos altos de corrientes incorpora un fusible de polímero reseteable y un conjunto de transistores y diodos. Contiene 14 pines digitales que son programables como entradas o salidas, de las cuales 4 son del tipo PWM, (modula el ancho de pulsos para enviar la información de forma análoga). (J. Hernández, 2012)

## **2.5. Arduino Nano**

Esta tarjeta es considerada es pequeña pero completa, tiene el mismo controlador que la Arduino UNO. No posee adaptador de corriente, debido a que su alimentación es a través de cable mini USB tipo B, que sirve también de comunicación la cual es llevada por medio del chip USB FTDI. Tiene las mismas características de memoria que la placa UNO, a excepción del tamaño del bootloader que se incrementa a 2 KB debido al uso del chip FTDI USB. Se puede considera una placa Uno, pero de

tamaño reducido, 4.30 cm de largo por 1.85 cm de ancho. (Fernández Ferri, 2017)

En la figura 2.12 se muestra la placa del Arduino Nano.

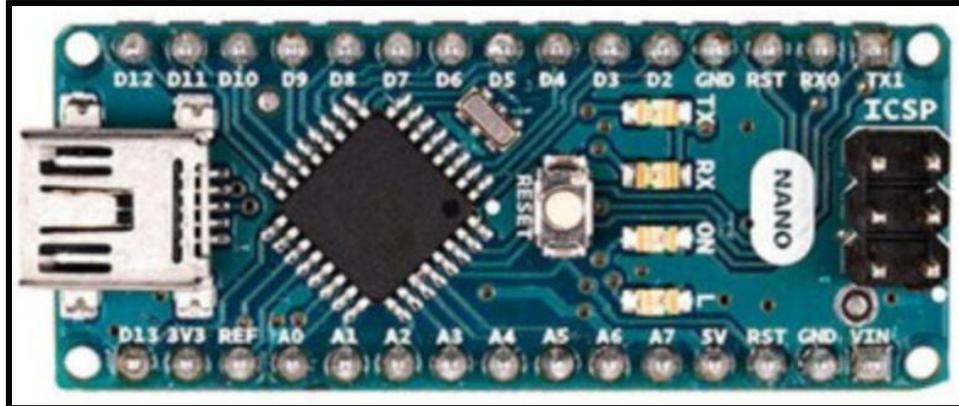


Figura 2. 12: Arduino Nano  
Fuente: (Arduino, 2018)

En la tabla 2.2 se detalla las características importantes de la placa Arduino Nano.

Tabla 2. 2: Especificaciones Técnicas de la placa Arduino Nano

Microcontrolador	ATmega328
Arquitectura	AVR
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada	7 – 12V
Memoria Flash	32 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el gestor de arranque

Elaborado por: Autor

### 2.5.1 Cables FTDI:

No se incorpora en el chip integrado el controlador para su funcionamiento, debido a esto por medio del cable FTDI se debe instalar el software adicional y resetear la placa de manera manual.



Figura 2. 13: Cable FTDI - USB  
Fuente: (J. Hernández, 2012)

La Figura 2.14 muestra los colores de los cables para el cable FTDI – USB. (Future Technology Devices International Ltd, 2016)

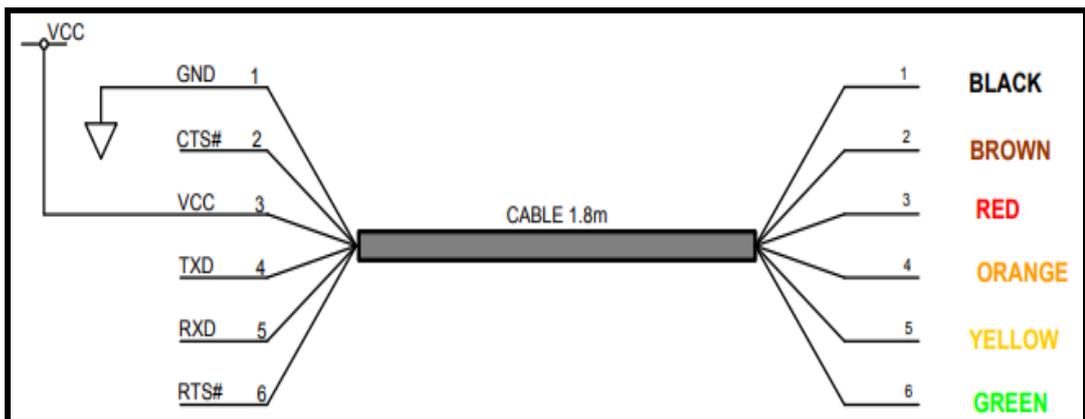


Figura 2. 14: Pin de salida de 6 vías  
Fuente: (Future Technology Devices International Ltd, 2016)

La tabla 2.3 hace referencia a cada uno de los pines de salida del cable FTDI.

Tabla 2. 3: Descripciones de las señales del cable FTDI.

Color	Nombre	Tipo	Descripción
Negro	GND	GND	Pin de alimentación a tierra del dispositivo.
Café	CTS#	Input	Borra para enviar la señal de entrada de control.
Rojo	Power	Output	El valor predeterminado es GND, pero se puede personalizar para generar + 3.3V o + 5V.
Naranja	TXD	Output	Transmitir salida de datos asíncronos.
Amarillo	RXD	Input	Recibe entrada de datos asíncronos.
Verde	RTS#	Output	Solicitud para enviar señal de salida de control.

Fuente: (Future Technology Devices International Ltd, 2016)  
Elaborado por: Autor

### 2.5.2 Breadboard FTDI:

Incorpora el driver FTDI a USB, que facilita la comunicación entre dispositivos. Requiere instalar el driver para el SO de destino.

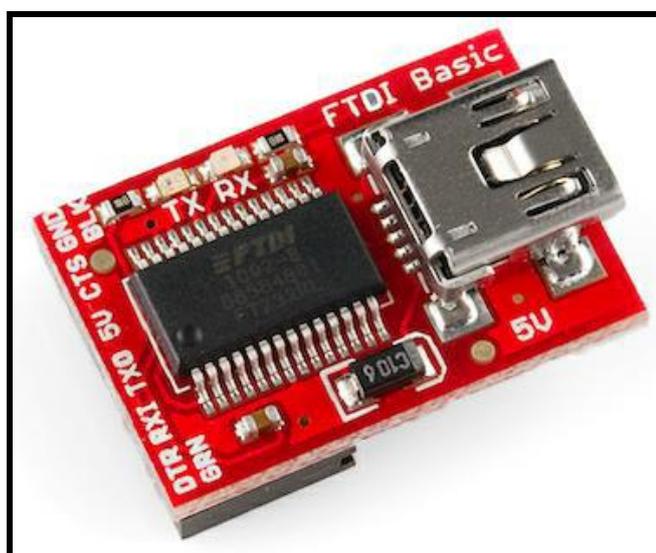


Figura 2. 15: Placa FTDI - USB  
Fuente: (J. Hernández, 2012)

## 2.6. Módulos de 4 relés para Arduino

Para controlar cargas que no consumen demasiada corriente las salidas de las placas Arduino son útiles por ejemplo para un Led, pero para cargas de corrientes altas son insuficientes.

Actualmente en el mercado no existe una marca que ofrezca información oficial sobre su funcionamiento y del cual pueden existir en gran variedad y con diferentes características. Debido a lo mencionado anteriormente, se trata de una placa o módulo de 4 relés que funcionan a 5 voltios, y son capaces de manejar cargas de 10 Amperes, se encuentran aislados mediante optoacopladores de las entradas las cuales cuentan con leds individuales que sirven como indicadores de estado. (Profe Tolocka, 2015)

En la figura 2.16 se puede apreciar las partes del módulo de 4 Relay.

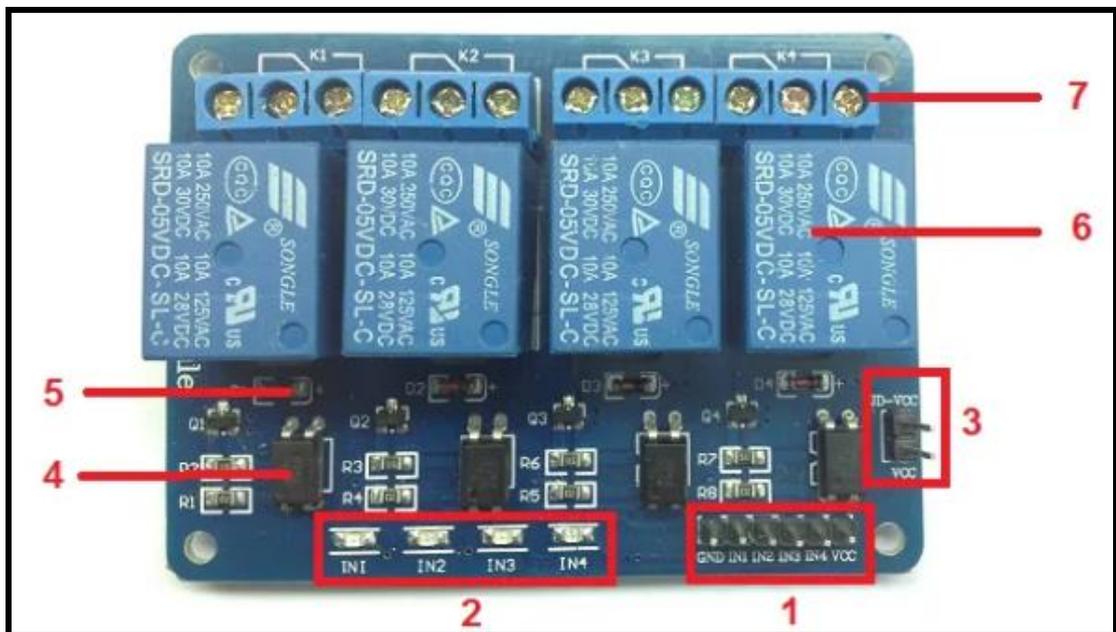


Figura 2. 16: Módulo de 4 Relay.  
Fuente: (Profe Tolocka, 2015)

1. La placa tiene pines de entradas y alimentación donde GND es negativo y Vcc es positivo (IN1 a IN4).
2. Cuatro leds que indicarán el estado de dichas entradas.
3. Un jumper selector para la alimentación de los relés.
4. Cuatro optoacopladores del tipo FL817C.

5. Cuatro diodos de protección.
6. Cuatro relés de marca SONGLE con bobinas de 5V y contactos capaces de controlar hasta 10 Amperes en una tensión de 250V.
7. Cuatro borneras, con tres contactos cada una (Común, Normal abierto y Normal cerrado), para las salidas de los relés.

## **2.7. Tecnologías usadas en iluminación**

Por naturaleza las impresiones sensoriales que el ser humano recibe son de carácter ópticas esto implica que para realizar sus actividades diarias la iluminación es primordial para su desenvolvimiento. Procedente del latín LUX, la luz es un agente de representación física que permite que todos los objetos sean perceptibles al ojo humano, en otras palabras, el término mencionado hace referencia a la irradiación que producen los cuerpos al estímulo de la corriente eléctrica. (Guerrero, Ruvalcaba, & Vásquez, 2016)

Se puede definir a la luz como una forma de energía electromagnética que se encuentra en el entorno, debido a que tiene una longitud de onda corta, la unidad de medida frecuente es el Angstrom (Å). Se puede propagar tanto en el vacío como en medios físicos, su velocidad de propagación es de 300.000 km por segundo en el vacío, pero esta velocidad disminuye dependiendo de la densidad del medio en el que se realiza la propagación. (García, 2007)

Actualmente, en el campo de las luminarias los semiconductores LED tienen una ventaja con respecto de las tecnologías convencionales, esto se debe a que este tipo de tecnología presenta mejoras en cuanto al rendimiento y ventajas en materia de iluminación. En este apartado, se expresará a breves rasgos el funcionamiento y características de la tecnología LED que será utilizada en el presente trabajo de titulación. (Medrano, 2010)

## **CAPÍTULO 3: Aportaciones del estudiante y resultados obtenidos.**

### **3.1. Consideraciones previas al diseño de una instalación.**

En este capítulo del trabajo de titulación, se tomará en cuenta ciertos aspectos fundamentales en el proceso general del diseño para cualquier tipo de instalación, esto no consiste solo en determinar el tamaño de las baterías entre otras cosas. Al contrario, se debe tomar en cuenta otras consideraciones que servirán de ayuda para determinar si la instalación es factible o no realizarla.

#### **3.1.1 Radiación Solar**

Según, (Díaz & Carmona, 2010) la radiación solar que incide en toda instalación fotovoltaica, es el principal recurso energético, el uso del sol como recurso natural tiene una serie de ventajas:

- Es una fuente de energía inagotable.
- Está disponible en cualquier ubicación geográfica.
- Es una fuente de energía de libre uso.

(Díaz & Carmona, 2010), indica que, a pesar de las ventajas, que nos ofrece dicha fuente de energía, se puede suscitar las siguientes problemáticas:

- Esta fuente de energía depende de varias variables para su correcto funcionamiento: noche/día, época del año y condiciones del tiempo atmosférico, etc.
- La radiación solar tiene un altísimo efecto de dispersión, llega a la superficie terrestre pocos vatios por metro cuadrado.
- El comportamiento a futuro de esta energía será difícil de determinar, por lo que es obligatorio trabajar con aproximaciones.

### 3.2. Factores que intervienen en la radiación solar recibida en la tierra.

Por medio del estudio de la radiación solar nos encontramos con dos factores importantes a tomar en cuenta.

- a) Factores geográficos y astronómicos
- b) Factores Atmosféricos

Estos factores son los encargados de determinar la cantidad de radiación solar que recibirá una determinada ubicación geográfica. (Díaz & Carmona, 2010)

#### 3.2.1 Factores geográficos y astronómicos

Díaz & Carmona (2010), establece que, para calcular la radiación solar en el lugar donde se va a realizar la instalación fotovoltaica, se debe tener en consideración dos trayectorias, una anual y una diaria, como se observa en la figura 3.1.

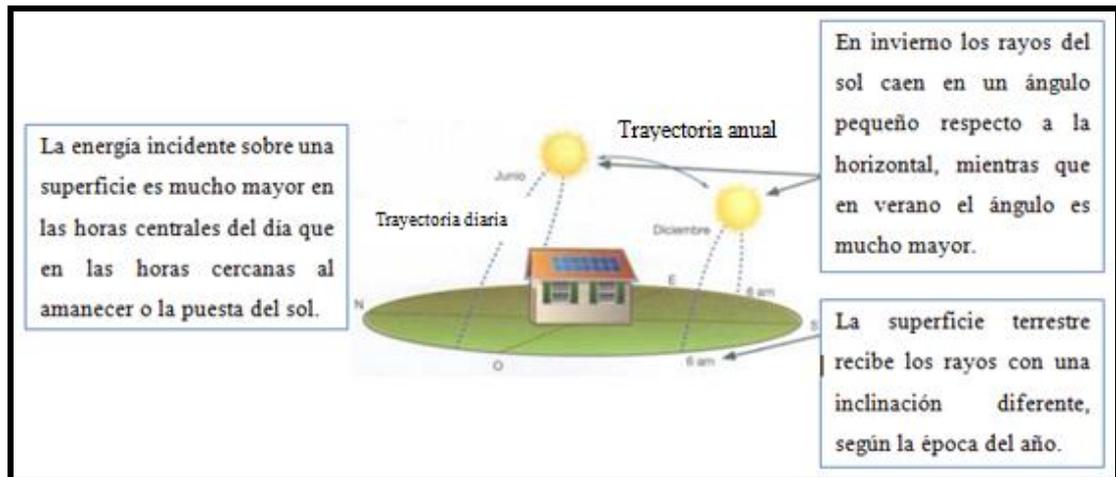


Figura 3. 1: Trayectorias descritas por el sol.  
Fuente: (Díaz & Carmona, 2010)

Al momento de orientar los paneles solares se debe tomar en cuenta que la posición del planeta Tierra con respecto del Sol presenta un ángulo de declinación y que no es constante, presenta variaciones diarias. En la figura 3.2 se observa el ángulo de declinación que se forma por medio de la posición de la Tierra con respecto al Sol y que a su vez puede ser positiva o

negativa en función de la posición de la Tierra en la órbita. (Díaz & Carmona, 2010)

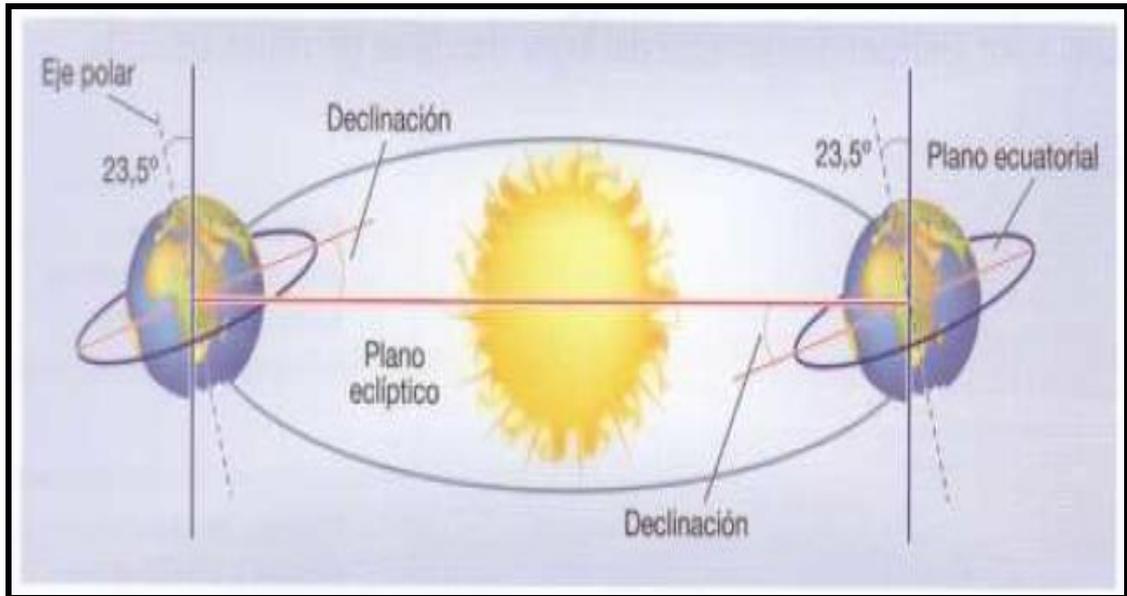


Figura 3. 2: Declinación con respecto a la línea Tierra/Sol  
Fuente: (Díaz & Carmona, 2010)

### 3.2.2 Medida de la radiación solar

En la tabla 3.1 se muestra que para medir la radiación solar se consideran dos aspectos fundamentales: irradiancia e irradiación.

Tabla 3. 1: Valores utilizados para medir la radiación solar.

Valor	Definición	Unidad de medida
Irradiancia	Potencia recibida por unidad de superficie	Vatios por metro cuadrado (W/m <sup>2</sup> )
Irradiación	Energía recibida por unidad de superficie	Vatios hora por metro cuadrado (W*h/m <sup>2</sup> ).

Elaborado por: Autor

### 3.2.3 Factores atmosféricos

En la tabla 3.2 se presenta los diferentes factores que afectan a la energía producida por la radiación solar, antes de llegar a la superficie de la Tierra.

Tabla 3. 2: Fenómenos atmosféricos sobre la radiación solar.

Fenómeno	Explicación
Dispersión	Gran parte de la energía se desvía y no llega al planeta, debido a la presencia de partículas de polvo en el ambiente y de moléculas de agua.
Reflexión	Fenómeno sufrido por la radiación solar extraterrestre al llegar a la atmósfera, debido a la presencia de nubes parte de las radiaciones recibidas son devueltas al espacio.
Difracción	Este fenómeno provocado sobre la radiación solar por las nubes. Al llegar sobre ellas los rayos de sol se descomponen en diferentes trayectos de menor energía que el rayo incidente.
Absorción	Gran parte de los rayos solares que llega a la atmósfera son absorbidos por los gases presentes en ella (oxígeno, ozono) y no son recibidos en la superficie terrestre.

Elaborado por: Autor

### 3.2.4 Cálculo de la fuerza del viento sobre el sistema fotovoltaico

El generador fotovoltaico estará expuesto siempre a las intemperies atmosféricas de la zona donde se encuentre implementado, estas pueden ser la lluvia, nieve o la presencia de viento. La fuerza que ejerce el viento a una superficie amplia como la del panel solar, debe ser tomada en cuenta a la hora de elegir el soporte para dicho generador. La energía que se produce por el viento puede ser calculada por medio de la siguiente formula:

$$F = 0,11v^2S$$

Dónde v representa la velocidad del viento en metros por segundos (m/s), y, S la superficie del panel solar en metros cuadrados (m<sup>2</sup>). (Díaz & Carmona, 2010)

### 3.3. Iluminación LED

Este sistema de iluminación con escasos años en el mercado, surge entre varios factores debido a la predilección de todo el mundo por el ahorro de energía, este sistema es una gran opción ya que tiene un menor consumo en comparación con otras presentes en el mercado. Llevan el nombre LED, de las siglas Light Emitting Diode, que significa diodo emisor de luz. Basan su funcionamiento en semiconductores que convierten la corriente eléctrica en luz de una manera directa. Tienen unos pocos milímetros de longitud, y son una opción efectiva en cuanto a otras fuentes actuales de iluminación. (Aliaga Ancavil, Fuentes Orellana, & González, 2009)

Debido a que están formados por varias capas de material semiconductor, si el diodo trabaja en el sentido de un conductor, se crea luz en una de estas finas capas. Un LED puede emitir luz de un color particular. El color de luz va depender del material que se utilice, por ejemplo, para producir luz blanca se hace pasar a través de un recubrimiento fosforescente que la transforma en luz amarilla. Luego del descubrimiento de cómo crear luz blanca se dio paso en poco tiempo para que los LED formaran parte de la iluminación de espacios ya sean interiores o exteriores. Cabe mencionar que un principio la iluminación led fue predestinada a la decoración debido a que permitía alcanzar una amplia gama de colores. (Aliaga et al., 2009)

Una ventaja de este tipo de lámparas es el bajo consumo que ofrecen dado que su consumo varía entre un 2 y 10% de lo que habitualmente consumen otro tipo de iluminación. Son fáciles de montar en otros tipos de luminarias lo que permite su factible instalación en diferentes lugares. Por otra parte, presentan una tolerancia a los factores climatológicos, permitiendo su duración en climas extremos. Otra de sus ventajas con respecto a la vida útil de un foco LED en relación con otros tipos de iluminación, es que poseen una duración de 50.000 horas lo cual supera ampliamente por un aproximado de 10 veces la duración de un tubo fluorescente. (Aliaga et al., 2009)

Su principal desventaja radica en que al igual que las lámparas de ahorro de energía su precio es relativamente superior a las lámparas incandescentes tradicionales. A pesar de todas las ventajas expuestas anteriormente, la inversión que se necesitará para proyectos grandes de iluminación provoca que este tipo de luminosidad no sea tomada en cuenta. (Aliaga et al., 2009)



Figura 3. 3: Lámparas LED  
Fuente: Jonathan Yépez

### **3.4. Datos del Laboratorio de Electricidad**

Pertenece a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil que se encuentra ubicada en la Av. Carlos Julio Arosemena Km 1 ½, dentro de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, en el cual los estudiantes realizan sus prácticas para aplicar los conocimientos adquiridos en las carreras de Ingeniería en Telecomunicaciones, Electrónica y automatización y Electricidad.

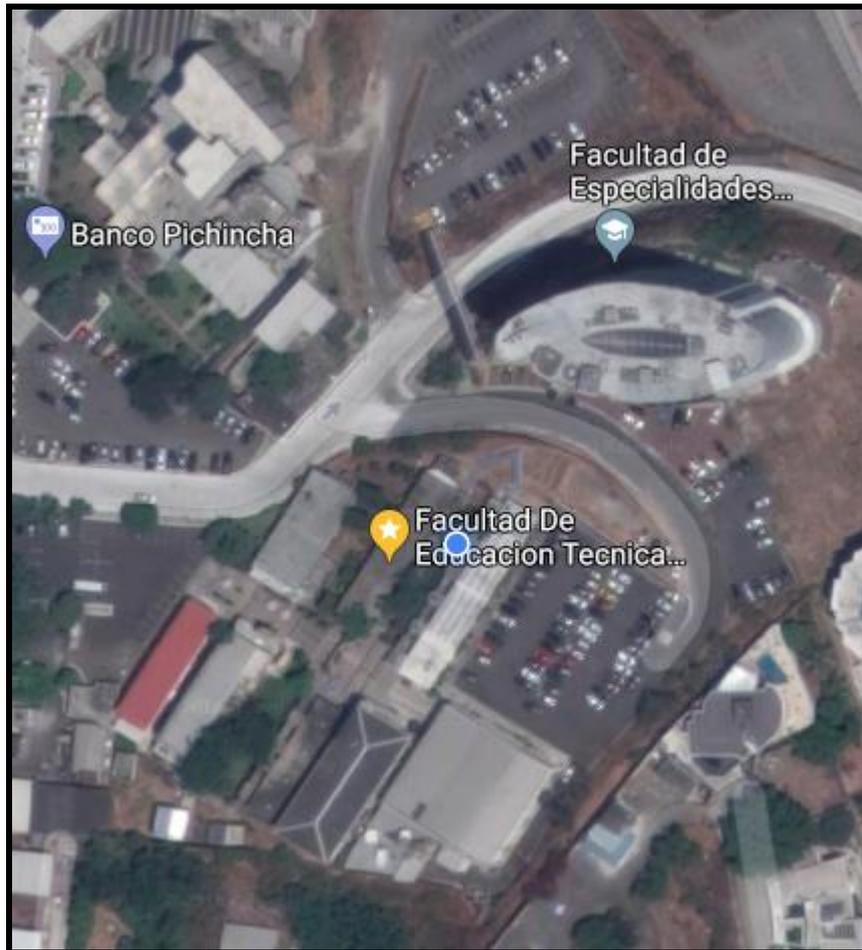


Figura 3. 4: Ubicación Laboratorio de electricidad.  
Fuente: (Google Maps, 2018)

### 3.5. Radiación Solar en Guayaquil

Debido a la ubicación territorial de nuestro país se puede captar todos los beneficios que se derivan del sol, por lo tanto, al absorber la radiación solar de todo el año de manera vertical, esta será constante y de una amplia magnitud. En la ciudad de Guayaquil existen dos estaciones: en invierno con días de abundante sol con fuertes lluvias en horas de la tarde y, verano también con días de extenuante radiación solar, pero con presencia de fuertes brisas en horas de la noche. Entre el séptimo y octavo mes del año (época de verano), la tierra se acerca al sol, y entre los meses comprendidos entre enero y febrero (época de invierno) la órbita terrestre se ubica lo más distante del sol. (Ospina Velásquez, 2014)

La radiación solar recibida en la ciudad de Guayaquil dependerá de varios factores climatológicos, tales como, la nubosidad en cada ciudad del país.



Figura 3. 5: Radiación Global Horizontal.  
Fuente: (Global Atlas Solar, 2018).

En la figura 3.5, se observa el mapa con la distribución global de la radiación solar del país dando como resultado que la Perla del Pacífico se encuentra en el rango de 1680 KWh/m<sup>2</sup>. Demostrando que la energía solar es un recurso que puede ser aprovechado. Por medio de este recurso natural es viable la obtención de energía eléctrica ya sea por concentración de calor o la implementación de paneles solares, la cantidad de radiación solar que se recibe en un punto determinado de la ciudad, se denomina insolación, dicho factor debe determinarse para prever el potencial con el que se cuenta para la generación de energía eléctrica. La heliofanía es otro factor que se debe mencionar, el cual indica las horas de sol. En 1962 el INAMHI fue el primer centro en recabar información acerca de este factor, para en el 2008 la CIE en base a los datos obtenidos por el INAMHI y la

información que proporcionan los satélites público el Atlas solar con fines de Generación eléctrica, el cual contiene información referente a los datos de insolación de nuestro país, tal como se muestra en la figura 3.6, donde se muestra la Insolación Directa Promedio. (Ospina Velásquez, 2014)

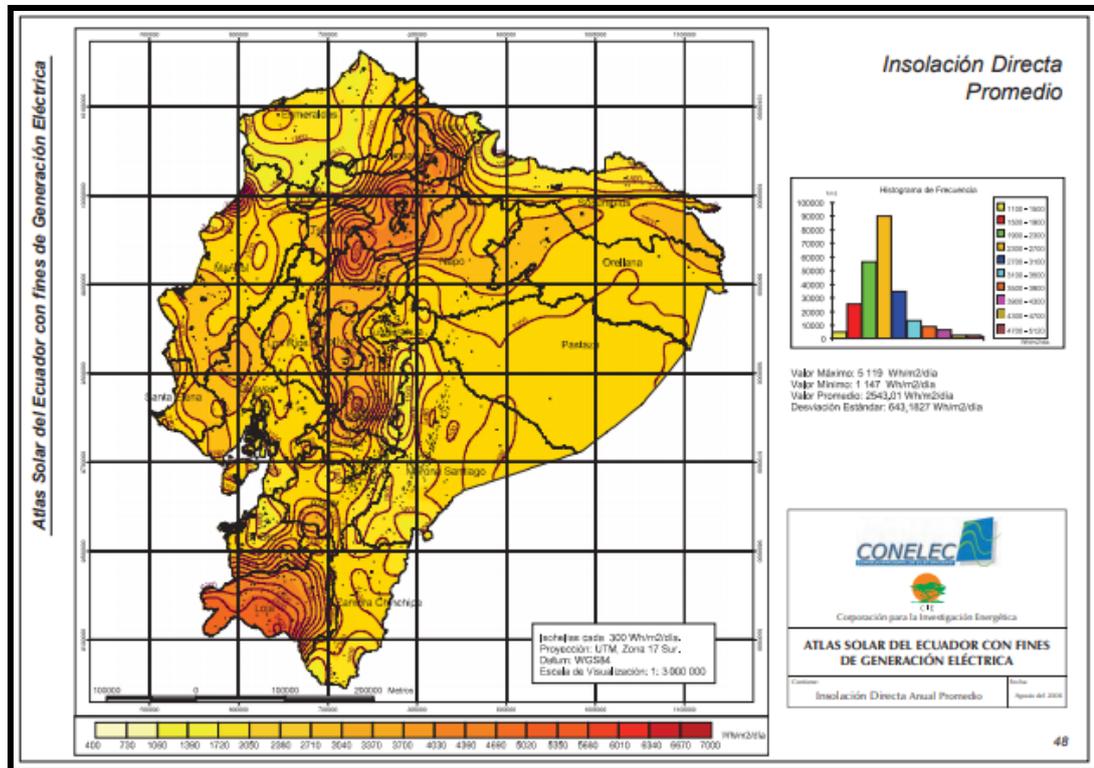


Figura 3. 6: Insolación Directa Promedio  
 Fuente: (CIE, 2008)

### 3.6. Estudio de la carga del Laboratorio de Electricidad

En el Laboratorio de electricidad existen 9 lámparas fluorescentes y una computadora de escritorio, dichas lámparas serán reemplazadas por 3 lámparas LED. Estos equipos serán a los cuales se les realizará el estudio de carga, tomando como base los datos nominales de las respectivas placas de cada uno de los equipos.

La tabla 3.3, describe los datos nominales de cada equipo presente en el laboratorio.

Tabla 3. 3: Valores nominales de los equipos del Laboratorio de Electricidad

Descripción	Potencia nominal	Cantidad	Factor de utilización	Potencia total (W)	Hora de uso	Consumo diario (Wh)
Lámpara LED	32W	3	0.7	67W	5	336
Computadora	50W	1	0.8	40W	5	200
<b>Σtotal =</b>						<b>536W</b>

Elaborado por: Autor

### 3.6.1 Rendimiento de la instalación

Debido a la transformación de la energía en todo sistema eléctrico la presencia de pérdidas en el procedimiento es ineludible. Todos los elementos que conforman el sistema fotovoltaico, ostentan porcentajes de rendimiento dispares, esto provoca pérdidas que afectan de una u otra manera a la potencia que debe ser generada por dicho método, para esto tenemos un procedimiento matemático que nos ayuda a calcular la potencia real:

$$\text{Rendimiento} = (1 - k_d - k_i - k_j) (1 - k_a) (N) P_d$$

La fórmula mencionada anteriormente tiene algunas variables que corresponden a las pérdidas producidas en los diferentes puntos del sistema fotovoltaico.

K<sub>d</sub>: se encuentra en el rango entre 0.1 y 0.05, esta variable determina si el acumulador estará sometido a descargas profundas o no tan profundas. Siendo 0.1 el valor máximo de descarga.

K<sub>i</sub>: corresponde a las pérdidas que se producen en el inversor. Si dicho equipo trabaja con una onda senoidal de salida y es de excelente calidad puede considerarse un valor de 0.05. Si el inversor no trabaja en condiciones estables, se puede optar por un valor de 0.1.

Kj: es un valor que se designa de acuerdo a las pérdidas producidas por efecto de la transmisión de energía. Se pueden escoger valores entre 0.05 y 0.15. Esta pérdida se produce si existe un recorrido amplio entre la energía generada y la carga.

Ka: depende del tipo de batería que se utilizará en el sistema renovable. Si se utiliza una batería de Ni-Cd, que tiene una auto descarga mínima, escogemos el valor de 0.002. Sin embargo, las baterías utilizadas en este tipo de sistemas son las de Pb-ácido ya que tienen una descarga media siendo el valor a utilizar 0.005. En el mercado existen baterías con auto descargas superiores en estos casos su valor a utilizar asciende a 0.012.

N es la variable que hace referencia al número de días seguidos que el sistema podrá estar abasteciendo energía. Esta acción lleva por nombre autonomía del sistema.

Para finalizar, Pd es la profundidad de descarga, como nota importante para esta variable se debe tener en consideración no exceder del 80% de descarga de la batería, si esto ocurre el equipo tendrá un deterioro en su vida útil.

Para nuestro trabajo, la fórmula para el cálculo del rendimiento del sistema de energía renovable quedará de la siguiente forma.

$$\text{Rendimiento} = (1 - k_d - k_i - k_j) (1 - k_a (N) P_d)$$

$$\text{Rendimiento} = (1 - 0.1 - 0.05 - 0.10) (1 - 0.005 (1) 0.8)$$

$$\text{Rendimiento} = 0.7453125 = 74.53\%$$

### **3.6.2 Energía real actual a suministrar**

Para realizar el cálculo de la energía necesaria que proporcionará el sistema fotovoltaico se utilizará el dato anterior que se obtuvo de la sumatoria de todas las potencias nominales y se dividirá para el rendimiento de la instalación.

$$\text{Energía Real} = \frac{\text{Energía en Wh}}{\text{Rendimiento}}$$

$$\text{Energía Real} = \frac{536 \text{ Wh}}{0.7453125}$$

$$\text{Energía Real} = 719 \text{ W}$$

Se obtiene que la instalación de este sistema de energía renovable entregara 719 W de energía eléctrica para abastecer la demanda del laboratorio.

### 3.7. Hora pico sol

Se obtiene esta cantidad de energía de un 1m<sup>2</sup> de la superficie del panel solar la cual el sol transmite 1000w/m<sup>2</sup> en su punto máximo, que es a partir del mediodía, debido a la trayectoria del sol durante el día la irradiación emitida por el astro rey no será constante durante las horas de la jornada. En la tabla 3.4 se evidencia las horas pico sol en la ciudad de Guayaquil, se utilizará la formula dada a continuación para obtener el promedio de las horas pico sol de cada mes.

$$HSP = \frac{\text{Radiación}}{\frac{1000 \text{ Wh}}{\text{m}^2} \times \text{día}}$$

La figura 3.5 muestra la Radiación Global mensual del año 2018 estos valores se obtuvieron mediante la aplicación Meteonorm 7.3

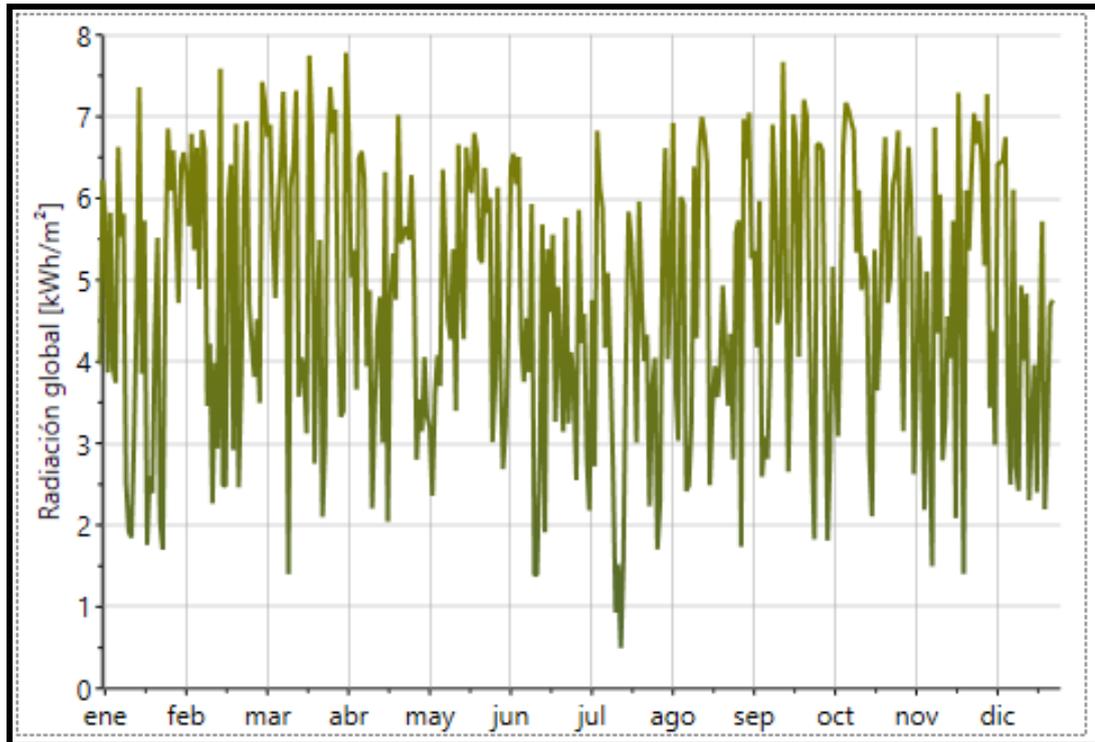


Figura 3. 7: Radiación Global  
Fuente: (Meteonorm 7.3, 2015)

La tabla 3.4 muestra el promedio de horas pico sol en la ciudad de Guayaquil. Se obtuvo estos resultados de la aplicación Meteonorm 7.3.

Tabla 3. 4: Promedio de Horas pico sol en Guayaquil.

MESES	HSP
ENERO	7
FEBRERO	6
MARZO	7.5
ABRIL	7.75
MAYO	4
JUNIO	6.5
JULIO	6.8
AGOSTO	7
SEPTIEMBRE	7.75

OCTUBRE	7.3
NOVIEMBRE	7.4
DICIEMBRE	5.7

Fuente: (Meteonorm 7.3, 2015)

### 3.7.1 Potencia real que debe generar el sistema fotovoltaico

Para hallar este valor numérico se dividirá la energía real actual a suministrar para las horas pico sol del mes con menor número de horas, en este caso se tomará el mes de mayo con 4 HSP:

$$Potencia Real = \frac{Energía real}{HPS}$$

Donde:

$P_{real}$ : Potencia pico

$E_{real}$ : Energía necesaria actual a suministrar

$HSP$ : Hora pico sol para el mes que menor radiación solar recibe

$$Potencia Real = \frac{536 Wh}{4 h}$$

$$Potencia Real = 179 W$$

### 3.8. Características del panel solar

Para el presente trabajo de titulación se eligió un panel solar de silicio policristalino de 100Wp, con las siguientes características que se puede apreciar en la tabla 3.5:

Tabla 3. 5: Datos nominales del panel solar

Potencia	100Wp
Voltaje en Pmax	18V
Corriente en Pmax	5.55 <sup>a</sup>
Voltaje circuito abierto	21.6V
Corriente de corto circuito	6.11 <sup>a</sup>
Dimensiones	1025 x 671 x 30mm

Fuente: (Isofoton, 2018)

### 3.7.2 Numero de paneles solares

En este punto para calcular el número de paneles necesario para la instalación se tomará en cuenta la potencia de los paneles que se pretende instalar y se recurre a la siguiente formula:

$$Cantidad\ de\ Paneles = \frac{Energía\ real}{Potencia\ de\ paneles\ x\ Hora\ pico\ sol}$$

Donde:

$E_{real}$ : energía real

$N_{ps}$ : número de paneles solares

$P_{modulo}$ : potencia del modulo

$$Cantidad\ de\ Paneles = \frac{719W}{100 \times 4}$$

$$Cantidad\ de\ Paneles = 1.79$$

Se necesitan 1 panel fotovoltaico, pero se instalarán 2 paneles en caso de que se decida tener una impresora o a su vez se aumente una computadora adicional.

### 3.9. Selección del inversor

Para realizar el cálculo respectivo de que inversor se debe manipular en este proyecto se tomará en cuenta la potencia pico por el coeficiente de simultaneidad para ello se utilizará la siguiente ecuación:

$$Potencia\ inversor = potencia\ real \times f.c$$

Donde:

Pinv: potencia real

f.c: coeficiente de simultaneidad

$$Potencia\ inversor = 179\ W \times 0.65$$

$$Potencia\ inversor = 116.35\ W$$

### 3.10. Calculo del banco de baterías

La batería utilizada en este trabajo de titulación es de modelo SBB GELL 75Ah/ 12Vdc, este acumulador es de excelente calidad recomendada para este tipo de sistemas fotovoltaicos por su buen rendimiento. Para realizar el cálculo de este valor se dividirá el valor de la energía real para el voltaje de la batería y multiplicado por la capacidad de la batería. Utilizando la siguiente formula:

$$\#_{baterias} = \frac{Energia\ real}{Vdc_{Bat} \times Capacidad_{Bat}}$$

Donde:

$Vdc_{Bat}$ : voltaje de la bateria

$Capacidad_{Bat}$ : capacidad de la bateria(amp/h)

$$\#_{baterias} = \frac{719W}{12V \times 75Ah}$$

$$\#_{baterias} = 0.798$$

### **3.11. Conexión de los paneles fotovoltaicos**

Un dato importante es la conexión que se llevará a cabo para las celdas solares ya que pueden ser configuradas en serie o paralelo. Debido a que existen estos dos métodos si se conecta en serie será para aumentar su voltaje y si se lo conecta en paralelo aumentará la corriente, esto se debe a que los paneles son los encargados de entregar el voltaje y la corriente necesarios para que el inversor cumpla con las funciones específicas.

#### **3.10.1 Ley de Kirchhoff (Divisor de Corriente)**

Se utiliza el divisor de corriente como una configuración para circuitos eléctricos, este teorema indica que se puede dividir la corriente eléctrica de una fuente entre diferentes resistencias o impedancias conectadas eléctricamente en paralelo. Este método se integra a la Ley de corriente de Kirchhoff.

#### **3.10.2 Lámparas Fluorescentes**

Para su funcionamiento estas lámparas consisten en un tubo de vidrio con varios gases nobles incluyendo una pequeña cantidad de mercurio. Son fabricadas de variadas formas (rectos, circulares, entre otros) la potencia varía entre los 4 hasta 215 vatios, a su vez, vienen con diámetros expresados en octavos de pulgadas: 12/8", 8/8" 5/8". Entre menor sea el diámetro de estas lámparas la eficiencia de la fluorescente incrementará. (Fundación Red de Energía - BUN-CA, s. f.)

#### **3.10.3 Lámparas LED**

En la actualidad este tipo de iluminación tiene usos variados, debido a que su gama es bastante amplia y cubre todos los campos lumínicos, a su vez suponen una gran cantidad de ventajas debido a los ahorros en el

consumo energético y su vida útil de largas cantidades de años, entre otros. No contiene gases ni metales pesados, debido a esto no son contaminantes. Estas lámparas de estado sólido utilizan conjuntos de diodos LED que proviene de las siglas Light Emission Diode, en español diodo emisor de luz, son componentes electrónicos que están constituidos por la unión de materiales semiconductores los cuales son capaces de convertir energía eléctrica en energía luminosa cuando se polarizan por medio de un campo eléctrico. (Castro Guamán & Posligua Murillo, 2015)

### 3.12. Sistema de puesta a tierra

Según, (Quezada, 2017) estos sistemas dependen de la conductividad del suelo, esto quiere decir que varía según los componentes orgánicos, humedad y elementos químicos que la conforman. Debido a los cambios abruptos del clima de nuestro país harán que los límites de humedad, calor y frío varíen constantemente.

Nuestra implementación deberá contar con un sistema de protección esto nos ayudará a conservar el rendimiento de todos los equipos instalados debido a que los posibles cortes energéticos que ocurran podrían quemar los componentes de la instalación.

### 3.13. Comparación de costos entre sistema antiguo y el sistema actual

En la figura 3.8 se muestra el resultado de los Vatios horas.

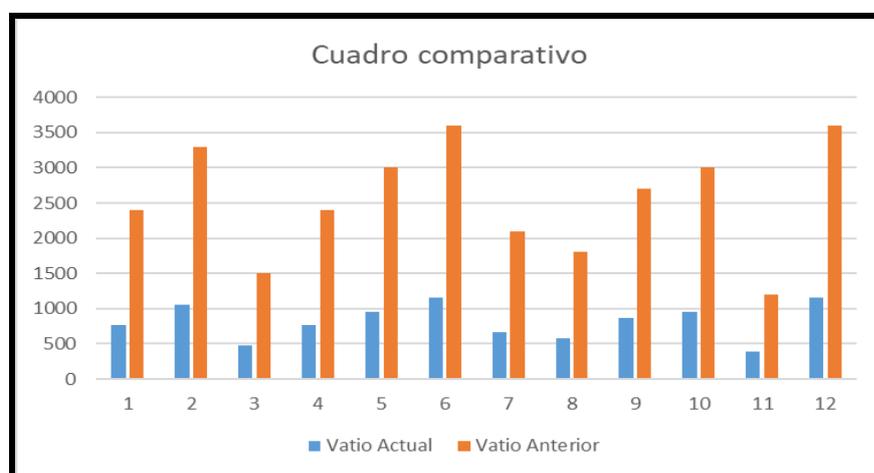


Figura 3. 8: Cuadro comparativo de Watios/hora.  
Elaborado por: Autor

En la figura 3.9 se muestran los resultados obtenidos para los costos de facturación de ambos sistemas.

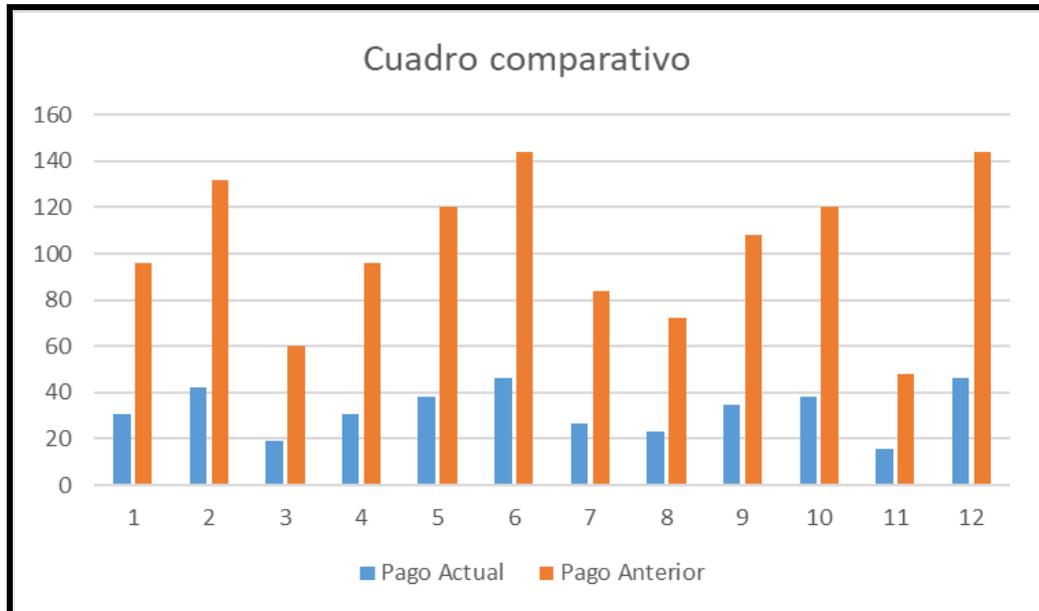


Figura 3. 9: Cuadro comparativo del pago anual.  
Elaborado por: Autor

## **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. CONCLUSIONES**

- El suministro de energía que entregan los paneles fotovoltaicos a la sala del laboratorio de electricidad suministra autonomía total al mismo, ya que no dependerá del sistema Hidroeléctrico del país.
- En la realización del trabajo de titulación se emplearon algunos de los conceptos estudiados en las diferentes materias como: leyes de Kirchhoff dictadas en la materia de circuitos eléctricos, así como también la ley de Ohm vista en la materia de fundamentos de ingeniería, la programación en Arduino vista en la materia de Microcontroladores.
- La potencia de consumo de las luminarias LED disminuirá con respecto a las luminarias fluorescentes.
- Los sistemas fotovoltaicos no necesitan de un mantenimiento continuo, pero si es necesario que se haga una revisión del sistema una vez al año.
- En la ciudad de Guayaquil la radiación solar presente se puede aprovechar para generar beneficios, en materia de calidad la entrega de electricidad por parte del panel solar será de manera constante permitiendo que los acumuladores estén cargados un 75% del día.

### **4.2. RECOMENDACIONES**

- La Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo debe hacer énfasis en la utilización de sistemas de energía renovable para la concientización de los estudiantes y ayuda a nuestro planeta en el impacto ambiental.
- La instalación de lámparas LED con paneles solares sobrepuestos en todos los patios y corredores de la facultad, por motivo de que serán

de gran ayuda para una mejorar la luminosidad de estos, permiten un ahorro en las liquidaciones de energía en la CNEL.

- Para lograr un rendimiento máximo de los sistemas fotovoltaicos se debe tener en cuenta al momento de realizar la instalación de los módulos solares no exista ningún tipo de edificaciones, árboles y otras situaciones que perturbe la irradiación solar que va a recibir el panel solar.
- En el pensum académico de todas las carreras de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, se debe tener una materia que permita desarrollar los conocimientos de software libre entre ellos Arduino, Matlab.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M. (2013). *Las energías renovables marinas y la riqueza potencial de los océanos.*
- Aliaga, C., Fuentes, I., & González, J. (2009). *Estudio de factibilidad económica de la instalación de luminarias solares para la ciudad de Tocopilla.* Universidad de Chile, Santiago.
- Ángeles, J., De Jesús, J. J., & Rosales, S. (2009). *Propuesta de alumbrado público por medio de celdas fotovoltaicas con luminarios tipo leds para la manga, municipio de la Yesca en el estado de Nayarit.* México D.F.
- Ayala, M. (2015). *Consumos eléctricos de la ciudad de Loja - Ecuador.* Barcelona.
- Bastida, P., Saiz, J., Molina, M., & Álvarez, B. (2017). *Instalaciones solares fotovoltaicas de autoconsumo para pequeñas instalaciones.* 3C tecnología.
- Bejarano, N. (2011). *Diseño de un sistema de generación eléctrica solar para la iluminación externa del modular de la escuela de Ingeniería en Ecoturismo.* Riobamba.
- Benítez, V. H., Torres, G., Gámez, L., & Pacheco, J. (2013). *Sistema fotovoltaico de iluminación solar.* CTS Epistemus.

- Cadena, M., Samaniego, A., Manzano, L., Carvajal, P., Rojas Idrovo, E., Dávalos, S., ... Ortiz, C. (2010). *Atlas Eólico del Ecuador*. Quito.
- Cahuana, A. (2014). *Sílice: El aliado oculto y estratégico para el desarrollo empresarial de la industria nacional*. Bogotá D.C.
- Castro, M., & Posligua, N. (2015). *Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Guayaquil.
- CIE. (2008). *Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica*. Quito.
- Díaz, T., & Carmona, G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid: McGraw-Hill.
- Espejo, C. (2004). La energía solar fotovoltaica en España. *Nimbus*, 5-31.
- Fernández, M. (2010). *Energía Solar: Electricidad Fotovoltaica*. Madrid: Liberfactory.
- Fernández, S. (2017). *Sistema domótico inalámbrico con portal WEB*.
- Fundación Red de Energía - BUN-CA. (s. f.). Buenas prácticas en eficiencia energética Iluminación, 1, 10.

- Future Technology Devices International Ltd. (2016). *TTL to USB serial converter range of cables datasheet* (Datasheet) (p. 26). Seaward Place.
- García, E. (2007). *La luz. Naturaleza y Propagación. Espectro visible. Espectralidad continua y discontinua. Reflexión, tipos de reflexión. Refracción, Leyes de Snell, grados de desplazamiento. Absorción, interferencia, difracción y polarización de la luz. Magnitudes características*. Génova.
- Global Sustainable Electricity Partnership. (2003). *Proyecto Eólico Isla San Cristóbal - Galápagos*. San Cristóbal.
- Godfrin, E., & Durán, J. (2004). Aprovechamiento de la energía solar en Argentina y en el mundo, pp. 33-44.
- Guerrero, A., Ruvalcaba, J., & Vásquez, I. (2016). *Propuesta de alumbrado con iluminación tipo LED y paneles fotovoltaicos «Estacionamiento de la DAE (Dirección de Administración Escolar) del I.P.N.»* México D.F.
- Haro, A. X. (2017). *Modelo matemático para la simulación del funcionamiento de un secador solar mixto para el altiplano ecuatoriano*. La Habana: Editorial Universitaria. Recuperado de <http://public.ebib.com/choice/PublicFullRecord.aspx?p=5513893>

- Hernández, J. (2012). *Sistemas y soluciones para el regadío*. Valencia.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México, D.F.: McGraw-Hill Education.
- Hortelano, V. (2015). *Estudio de semiconductores y dispositivos optoelectrónicos mediante catodoluminiscencia*. Valladolid.
- Isofoton. (2018, octubre 12). Equipos para instalaciones fotovoltaicas.
- Jácome, K. (2016). *Diseño e implementación de un robot móvil soccer utilizando la tarjeta Arduino Nano y controlado mediante bluetooth*. Guayaquil.
- Ladino, R. (2011). *La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia*. Bogotá.
- Martín, A. (2011). *Apuntes de Mecánica de Fluidos*. Madrid.
- Medrano, E. (2010). *Rediseño e implementación de un sistema de iluminación para espacios publicitarios usando LED RGB*. Lima.
- Merino, L. (2016). *Energías renovables*. Iberdrola.
- Mohan, N., Undeland, T., & Robbins, W. (2009). *Electrónica de Potencia. Convertidores, aplicaciones y diseño (3ª)*. McGraw Hill.

- Ospina, J. (2014). *Estudio de energías renovables para determinar su posible utilización en Ecuador*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil.
- Peláez, M., & Espinoza, J. (2005). *Energías Renovables en el Ecuador; situación actual, tendencias y perspectivas*. Cuenca.
- Profe Tolocka. (2015, mayo 9). Módulo de 4 Relay para Arduino. Recuperado de <http://www.profetolocka.com.ar/2015/05/09/modulo-de-4-reles-para-arduino/>
- Quezada, A. (2012). *Diseño e Implementación de inversor fotovoltaico de bajo costo*. Santiago de Chile.
- Quimis, O. (2017). *Implementación de un sistema de iluminación inteligente mediante la plataforma Arduino para la sala de docentes de la carrera de Ingeniería en computación y redes*.
- Rivas, M. (2005). *Diseño e implementación de un sistema de iluminación autónomos para espacios exteriores con celdas solares*. Sartenejas.
- Rodríguez, C., & Sarmiento, A. (2011). Dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar, (Ingeniería Mecánica. Vol. 14.), 13-21.

- Sanclemente, O. (2016). *Casa domótica con Arduino*. Valencia.
- Seligo, I. (2010). *Cálculo de instalación eléctrica utilizando energía solar para tres casos de estudio*. Sartenejas.
- store.arduino.cc. (2018, noviembre 28). Características Arduino uno.
- Tobajas, C. (2018). *Energía solar fotovoltaica*. Cano Pina.
- Varas, V., & Pineda, F. (2015). *Diseño de generación fotovoltaica menor a 1 MW conectada a la s/e de distribución Kennedy norte en Guayaquil*. Guayaquil.
- Vásquez, M. (1995). Una brevísima historia de la arquitectura solar, (Instituto Juan de Herrera), 1-74.
- Zambrano. (2017). *Uso de la plataforma Arduino y Simulink para desarrollo de aplicaciones*. Guayaquil.

## GLOSARIO

---

### A

#### Arduino utiliza librerías

Las librerías son colecciones de código que facilitan la interconexión de sensores, pantallas, módulos electrónicos. El entorno de arduino ya incluye algunas librerías de manera que facilita, por ejemplo, mostrar texto en pantallas LCD..... 31

#### AVR

Se trata de microcontroladores de chip único RISC de arquitectura de Harvard de 8 bits. Fue una de las primeras familias de microcontroladores en utilizar la memoria flash en el chip para el almacenamiento del programa, a diferencia de la ROM programable , EPROM o EEPROM de un solo uso utilizada por otros microcontroladores en ese momento. 31, 34

---

### B

#### Bootloader

Un gestor de arranque o arrancador es un programa sencillo que no tiene la totalidad de las funcionalidades de un sistema operativo, y que está diseñado exclusivamente para preparar todo lo que necesita para iniciar el sistema operativo..... 33

---

### C

#### Ciclos profundos de descargas

La descarga profunda puede causar una fuerte reacción química en la placa positiva, causando la pérdida de la masa activa y acortando el ciclo de vida. ....	28
CIE	
Corporación para la investigación energética .....	46, 64

---

## **D**

Divergencia de temperatura	
Medida del movimiento molecular del grado de calor en una sustancia o del viento que resulta de la entrada de un flujo neto horizontal de aire en una región particular. ....	20

---

## **E**

Exceder la capacidad de las baterías	
Los reguladores se encargan de controlar la energía que discurre entre las baterías y los módulos fotovoltaicos. ....	28

---

## **F**

Fusible de polímero reseteable	
O fusibles con reset, son usados en una gran variedad de aplicaciones de protección de circuitos. ....	33

---

## **G**

Germanio (Ge)	
El germanio es un elemento químico con número atómico 32, y símbolo Ge perteneciente al período 4 de la tabla periódica de los elementos.....	24

---

**I**

INAMHI

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología..... 46

Interior una resistencia baja

Permite que la batería de calcio pueda entregar su potencia de arranque muy rápido. .... 28

---

**L**

Libres de mantenimiento

Se caracterizan por no necesitar que se les agregue agua destilada durante su funcionamiento. .... 28

---

**M**

memoria EEPROM

EEPROM o E<sup>2</sup>PROM son las siglas de Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory. Es un tipo de memoria ROM que puede ser programada, borrada y reprogramada eléctricamente, a diferencia de la EPROM que ha de borrarse mediante un aparato que emite rayos ultravioleta. .... 31

---

**P**

Proceso de electrodiálisis inversa

El proceso de electrodiálisis es un procedimiento mediante el cual se pueden extraer los iones disueltos en agua, haciéndola pasar por una serie de membranas ion-selectivas, con ayuda de la energía eléctrica. .... 21

Pureza minúscula

Es un término que se utiliza de manera frecuente para todo aquello que está exento de alguna mezcla de otra cosa, se establece si un elemento de ese tipo tiene más o menos calidad..... 26

## PWM

La modulación por ancho de pulsos de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica, ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga. 32, 33

---

## S

### Sílice

El óxido de silicio (IV) o dióxido de silicio es un compuesto de silicio y oxígeno, llamado comúnmente sílice..... 24

### Silicio (Si)

El silicio es un elemento químico metaloide, número atómico 14 y situado en el grupo 14 de la tabla periódica de los elementos de símbolo Si. .... 24

# **ANEXOS**

## Comparación de costos entre los dos sistemas

<b>KWh</b>	<b># horas de consumo</b>	<b>Cantidad de lámparas fluorescentes</b>	<b>Sistema Antiguo</b>	<b>Sistema Actual</b>	<b>Cantidad de lámparas LED</b>
0.04	5	6	50 W	32 W	3
		1	100 W	100 W	1
			1500 W/h	480 W/h	
			100 W/h	100 W/h	
<b>Total</b>			\$ 64	\$ 23.2	

*Elaborado por: Autor*

## Cotización de los elementos del sistema fotovoltaico

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Total</b>
1	Panel Solar 100W a 12VDC	\$145	\$145
1	Batería 75A 12V	\$110	\$110
2	Controladores de carga 20A 12V	\$65	\$130
1	Materiales Varios	\$50	\$50
<b>Total</b>			<b>\$485</b>

*Elaborado por: Autor*

## Cotización de los elementos del sistema Arduino

Cantidad	Descripción	Unidad	Total
1	Arduino Nano	\$7	\$7
1	Arduino Nano Shield Expansion	\$5	\$5
1	Pantalla LCD 4x20	\$13	\$13
1	Modulo divisor de voltaje (Sensor de voltaje)	\$7	\$7
1	Porta fusible	\$5	\$5
1	Caja de PVC	\$10	\$10
1	Modulo reloj Ds3231	\$5	\$5
1	Batería de botón 3V	\$3	\$3
1	Regulador de voltaje	\$15	\$15
1	Varios	\$15	\$15
1	Módulo de 4 Relay	\$20	\$20
<b>Total</b>			<b>\$105</b>

*Elaborado por: Autor*



```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
✓ → 📄 ⬆ ⬇
NivelBateria_0 Librerias.h funciones.h
#include "Librerias.h"

void setup() {
    nf = 30; // numero de muestras para calculo de promedio
    controlBuzzer = 1; //variable control sonido de buzzer
    iniciarPines();
    ledOFF();
    ledON();
    iniciarNivel();

    digitalWrite(inAC, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite(inDC, LOW);
    fuente = 1;
    n = 1;

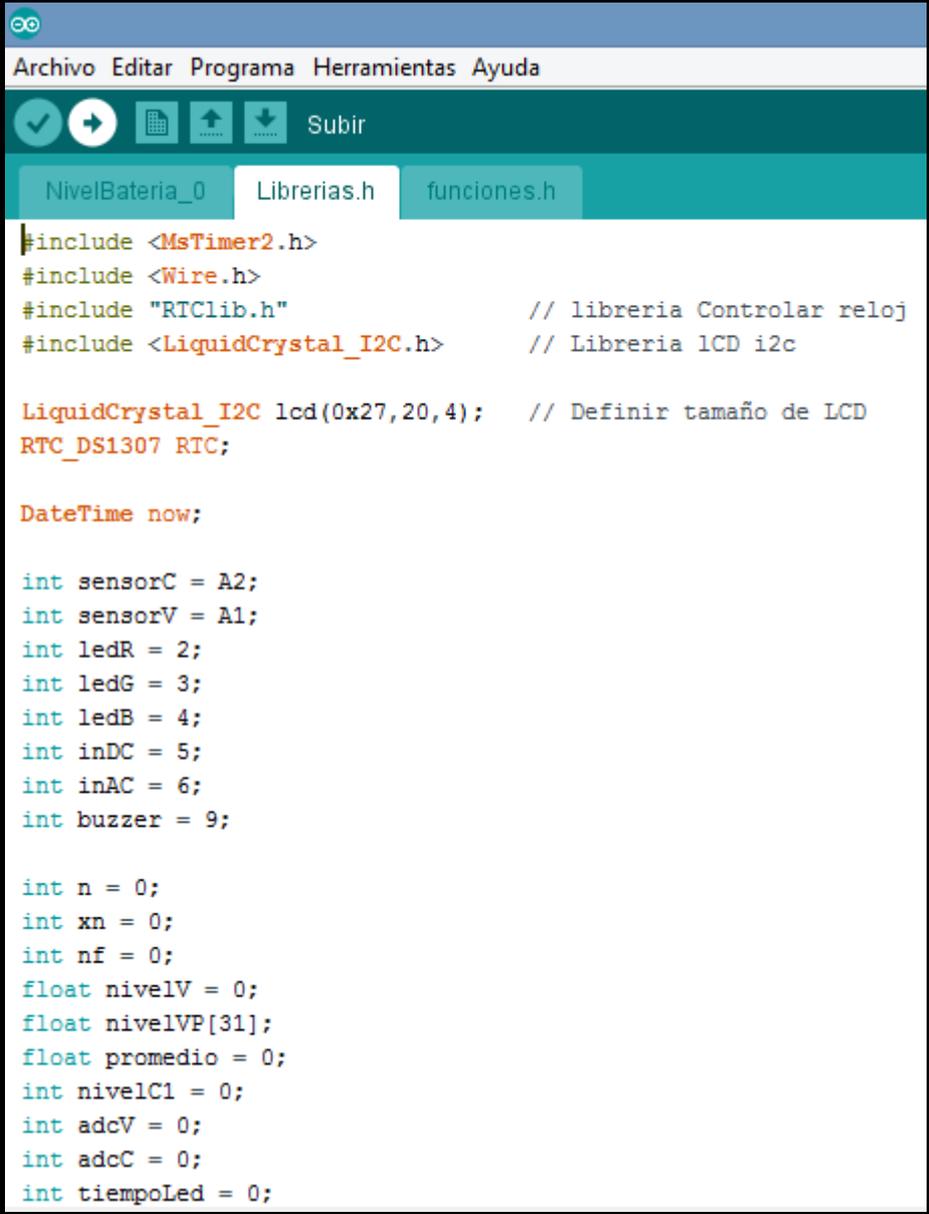
}

void loop() {

    tiempoLed++;
    leerDatos();
    imprimirLCD();
    //imprimirSerial();
    colorNivel();
    delay(500);

}
```

*Figura 1: Control Nivel de batería  
Fuente: (Arduino, 2018)*



```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Subir
NivelBateria_0 Librerias.h funciones.h
#include <MsTimer2.h>
#include <Wire.h>
#include "RTCLib.h" // libreria Controlar reloj
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Libreria LCD i2c

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4); // Definir tamaño de LCD
RTC_DS1307 RTC;

DateTime now;

int sensorC = A2;
int sensorV = A1;
int ledR = 2;
int ledG = 3;
int ledB = 4;
int inDC = 5;
int inAC = 6;
int buzzer = 9;

int n = 0;
int xn = 0;
int nf = 0;
float nivelV = 0;
float nivelVP[31];
float promedio = 0;
int nivelCl = 0;
int adcV = 0;
int adcC = 0;
int tiempoLed = 0;
```

*Figura 2: Control Nivel de batería  
Fuente: (Arduino, 2018)*

```

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
NivelBateria_0 Librerias.h funciones.h
int nivelC = 0;
boolean fuente = 0;
boolean controlBuzzer = 0;
#include "funciones.h"

// ----- TIMER1 -----
void timer1(void){

    now = RTC.now(); // Obtiene la fecha y hora del RTC
    imprimirLCD();
    //imprimirSerial();

}

```

*Figura 3: Control Nivel de batería  
Fuente: (Arduino, 2018)*

```

// -----INICIAR-----
void iniciarNivel(){

    delay(2000); // pausa de inicio
    Wire.begin(); // Inicia el puerto I2C
    RTC.begin(); // Inicia la comunicacion con el RTC
    //RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__)); // Establece la fecha y hora
    //(Comentar una vez establecida la hora //el anterior se usa solo en la configuracion inicial
    Serial.begin(9600); // Establece la velocidad de datos del puerto serie

    //MsTimer2::set(999,timer1); // 500ms period
    //MsTimer2::start();

    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.clear();
    nivelC = 40;

}

```

*Figura 4: Control Nivel de batería  
Fuente: (Arduino, 2018)*

```
NivelBateria_0 Librerias.h § funciones.h
//-----leer DATOS-----
void leerDatos(void) {
  // lectura ADC 212 = 5V
  // lectura ADC 429 = 10.5V
  // lectura ADC 491 = 12V
  // lectura ADC 532 = 13V
  // lectura ADC 614 = 15V
  // lectura ADC 777 = 19V
  // lectura ADC 961 = 23.5V
  // lectura ADC 1023 = 25V

  now = RTC.now();
  adcV = analogRead(sensorV);
  Serial.print("ADV voltaje: "); Serial.println(adcV);
  adcC = analogRead(sensorC);
  //Serial.println(adcV);
  nivelC1 = map(adcC, 0, 1000, 0, 1); // control de fuente de alimentacion
  nivelV = map(adcV, 429, 532, 0, 100); //12 - 13 V
  //nivelV = (adcV*25)/1023;
  Serial.print("Porcentaje leido: ");
  Serial.print(nivelV);

  if (n > nf - 1)
  {
    for (xn = 1; xn <= (nf - 1); xn++)
    {
      nivelVP[xn] = nivelVP[xn + 1];
    }
  }
  n = nf;
}
```

*Figura 5: Control Nivel de batería  
Fuente: (Arduino, 2018)*

```
NivelBateria_0 Librerias.h § funciones.h
}
n = nf;
}
nivelVP[n] = nivelV;
promedio = 0;

for (xn = 1; xn <= n; xn++)
{
    promedio = promedio + nivelVP[xn];
}

nivelV = (promedio / n);
n = n + 1;

Serial.print(" ==> Porcentaje promedio: ");
Serial.println(nivelV);
Serial.println("");
//nivelV = map(nivelV,12,15,0,100);
//nivelV = 100*(nivelV-12);

if (nivelV > 100) {
    nivelV = 100;
}
else if (nivelV < 0) {
    nivelV = 0;
}
}
```

*Figura 6: Control Nivel de batería  
Fuente: (Arduino, 2018)*

```
NivelBateria_0 Librerias.h$ funciones.h
//-----|-- INICIAR PINES -----
void iniciarPines(void) {
    pinMode(ledR, OUTPUT);
    pinMode(ledG, OUTPUT);
    pinMode(ledB, OUTPUT);
    pinMode(inDC, OUTPUT);
    pinMode(inAC, OUTPUT);
    pinMode(buzzer, OUTPUT);

    digitalWrite(ledR, HIGH);
    digitalWrite(ledG, HIGH);
    digitalWrite(ledB, HIGH);
    digitalWrite(buzzer, LOW);
    digitalWrite(inAC, HIGH);
    digitalWrite(inDC, HIGH);

}

//-----imprimir LCD -----
void imprimirLCD(void) {

    //now = RTC.now(); // Obtiene la fecha y hora del RTC

    //lcd.setCursor(15,1);lcd.print(" ");
    //lcd.setCursor(11,2);lcd.print(" ");
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(" Nivel de Autonomia");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Bateria: "); lcd.print(nivelV); lcd.print("% ");
}
```

*Figura 7: Control Nivel de batería  
Fuente: (Arduino, 2018)*

```
NivelBateria_0 Librerias.h § funciones.h
lcd.setCursor(0, 2); lcd.print("Alimentacion: ");
if (fuente == 0) {
    lcd.print("AC");
}
if (fuente == 1) {
    lcd.print("DC");
}
lcd.setCursor(0, 3); lcd.print(now.year(), DEC);
lcd.print("/"); lcd.print(now.month(), DEC); lcd.print("/");
lcd.print(now.day(), DEC); lcd.print("-");
lcd.print(now.hour(), DEC);
lcd.print(":"); lcd.print(now.minute(), DEC);
lcd.print(":"); lcd.print(now.second(), DEC); lcd.print(" ");
}

// ----- imprimir por serial -----
void imprimirSerial() {

    //now = RTC.now(); // Obtiene la fecha y hora del RTC
    Serial.print(now.year(), DEC); // Año
    Serial.print('/'); Serial.print(now.month(), DEC); // Mes
    Serial.print('/'); Serial.print(now.day(), DEC); // Dia
    Serial.print(' '); Serial.print(now.hour(), DEC); // Horas
    Serial.print(':'); Serial.print(now.minute(), DEC); // Minutos
    Serial.print(':'); Serial.print(now.second(), DEC); // Segundos
    Serial.println();
}
```

*Figura 8: Control Nivel de batería  
Fuente: (Arduino, 2018)*

```
NivelBateria_0 Librerias.h$ funciones.h
// ----- Colores Led -----
void ledRojo() {
  digitalWrite(ledR, LOW);
  digitalWrite(ledG, HIGH);
  digitalWrite(ledB, HIGH);
}
void ledVerde() {
  digitalWrite(ledR, HIGH);
  digitalWrite(ledG, LOW);
  digitalWrite(ledB, HIGH);
}
void ledNaranja() {
  digitalWrite(ledR, LOW);
  digitalWrite(ledG, LOW);
  digitalWrite(ledB, HIGH);
}
void ledOFF() {
  digitalWrite(ledR, HIGH);
  digitalWrite(ledG, HIGH);
  digitalWrite(ledB, HIGH);
}
void ledON() {
  digitalWrite(ledR, LOW);
  digitalWrite(ledG, LOW);
  digitalWrite(ledB, LOW);
}
void ledAzul() {
  digitalWrite(ledR, HIGH);
  digitalWrite(ledG, HIGH);
```

*Figura 9: Control Nivel de batería  
Fuente: (Arduino, 2018)*

```
NivelBateria_0 Librerias.h$ funciones.h
digitalWrite(ledB, LOW);
}
// ----- Colores por Nivel -----
void colorNivel() {
  if (nivelV > 69) {
    ledVerde();
    digitalWrite(buzzer, LOW);
  }
  else if (nivelV > 25) {
    digitalWrite(buzzer, LOW);
    ledNaranja();
    if (tiempoLed < 2) {
      ledNaranja();
    }
    if (tiempoLed >= 4) {
      tiempoLed = 0;
    }
  }
  else {
    ledRojo();
    if (tiempoLed <= 2) {
      if((nivelV <= 10)&(fuente == 1)){
        if(controlBuzzer == 1){analogWrite(buzzer, 125 );}
      }
    }
    else {
      digitalWrite(buzzer, LOW);
    }
    if (tiempoLed >= 4) {
```

*Figura 10: Control Nivel de batería  
Fuente: (Arduino, 2018)*

```
        tiempoLed = 0;
    }
}

if (nivelV >= 40) {
    digitalWrite(inAC, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite(inDC, LOW);
    fuente = 1;
}
if (nivelV <= 0) {
    digitalWrite(inDC, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(inAC, HIGH);
    fuente = 0;
}
}
```

*Figura 11: Control Nivel de batería  
Fuente: (Arduino, 2018)*

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **YEPEZ ALVARADO, JONATHAN JOSEP**, con C.C: # **095076911-7** autor/a del trabajo de titulación: **Implementación de un sistema de iluminación con energía renovable controlada por Arduino, para el laboratorio de electricidad de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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 titulación 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 SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **11 de marzo de 2019**

---

Nombre: **YEPEZ ALVARADO, JONATHAN JOSEP**  
C.C: **095076911-7**

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Implementación de un sistema de iluminación con energía renovable controlada por Arduino, para el laboratorio de electricidad de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Jonathan Josep, Yépez Alvarado		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Edgar Raul, Quezada Calle		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Telecomunicaciones		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Telecomunicaciones		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	11 de marzo de 2019	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	89
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Energía renovable, Energía solar		
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>	Energía renovable, Energía solar, Iluminación led, Sistema Fotovoltaico, Arduino.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>			
<p>Con el transcurrir de los años la demanda de energía eléctrica provocó que se busquen alternativas para la generación de electricidad, por consiguiente, esto repercute de manera directa en la contaminación ambiental, debido a que la generación de energía conlleva la necesidad de explotar recursos que emiten grandes cantidades de contaminación al entorno donde habitamos. Como solución para terminar con esta problemática ambiental apareció como una alternativa la energía solar fotovoltaica, cabe recalcar que este sistema permite solventar en gran medida las necesidades energéticas de las familias ecuatorianas. Este proyecto tiene como finalidad la implementación de un sistema de iluminación LED por medio de módulos fotovoltaicos en el laboratorio de electricidad de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, y tiene como objetivo reducir el consumo del kilo vatios hora provenientes de sistemas considerados contaminantes para el planeta. Se realizó un levantamiento de toda la información requerida para la implementación de este sistema y se calcularon la cantidad de equipos a utilizar y la capacidad de dichos equipos. Para el desarrollo del trabajo de titulación se tomaron en cuenta ciertos parámetros tales como: levantamiento de carga en área específica, cálculo de equipos cantidad y capacidades a usar en la implementación. A su vez, se realizó una cotización de equipos a utilizar.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593978655810	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:jojo_0594@hotmail.com">jojo_0594@hotmail.com</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Palacios Meléndez, Edwin Fernando		
	<b>Teléfono:</b> +593967608298 <a href="mailto:edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec">edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			