



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

TEMA:

“Propuesta de implementación de alumbrado con iluminación led con
paneles fotovoltaicos para los exteriores de la Facultad de Educación
Técnica para el Desarrollo de la UCSG”

AUTOR:

Villacis Robalino, Juan Carlos

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

TUTOR:

Ing. Vallejo Samaniego, Luis Vicente, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

17 de septiembre del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **VILLACIS ROBALINO, JUAN CARLOS**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico – Mecánica**.

TUTOR

f. _____

ING. VALLEJO SAMANIEGO, LUIS VICENTE, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc.

Guayaquil, a los 17 días del mes de septiembre del año 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Villacis Robalino, Juan Carlos**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Propuesta de implementación de alumbrado con iluminación led con paneles fotovoltaicos para los exteriores de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG** previo a la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico - Mecánica**, 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 17 días del mes de septiembre del año 2018

EL AUTOR

VILLACIS ROBALINO, JUAN CARLOS



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Villacis Robalino, Juan Carlos**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **“Propuesta de implementación de alumbrado con iluminación led con paneles fotovoltaicos para los exteriores de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 17 días del mes de septiembre del año 2018

EL AUTOR:

VILLACIS ROBALINO, JUAN CARLOS

REPORTE URKUND

The screenshot displays the URKUND web application interface. The browser address bar shows the URL: <https://secure.orkund.com/view/40234406-468390-507508?q1bKlVayjibQMdOxiNVRKs5Mz8tMyOxOzEtOVbly0DMwMLUwMrQwNLE0MLYwMTM0NakFAA==>. The interface is divided into several sections:

- Documento:** TRABAJO DE TITULACION JUAN CARLOS VILLAGAS.pdf (D41116161)
- Presentado:** 2018-09-03 11:21 (-05:00)
- Presentado por:** juancarlosvillagisrobaino@gmail.com
- Recibido:** luis.vallejo.ucsg@analysis.orkund.com

A summary bar indicates: **11%** de estas 15 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.

On the right, the **Lista de fuentes** (List of sources) is shown:

Categoría	Enlace/nombre de archivo
☒	https://uoccommons.uoc.edu/bitstream/handle/2099.1/29488/1/Memoria.pdf
☒	https://riiinet.uqer.es/bitstream/handle/10251/69162/73589163P_TFG_1467730737614173111426978503...
☒	Tesis Final Instalacion y montaje.docx
☐	Fuentes alternativas
☐	Fuentes no usadas

The main content area displays the text of the document, which is partially obscured by a large watermark. The text appears to be from a technical report or thesis, discussing solar energy and photovoltaic technology. The bottom of the screen shows a Windows taskbar with various application icons and a system clock indicating 16:16 on 12/9/2018.

Conclusión: La revisión de coincidencias del resultado de la revisión, considera la desactivación de la información de texto de los formatos de presentación de trabajos de titulación en la UCSG. Se adjunta documento de Reporte URKUND de la Revisión Final en medio digital. Porcentaje de coincidencia final del **1%**.

Atentamente,

Ing. Vallejo Samaniego, Luis Vicente, M.Sc.

DOCENTE-TUTOR

AGRADECIMIENTO

Antes que todo agradezco a Dios todo poderoso, a mis padres Galo Enrique Villacis y Nery Guadalupe Robalino a mis hermanos Alex, Diego y Sebastián. A mi hijo Luciano Villacis quien por el me levanto con entusiasmo todos los días y por enseñarme a luchar en esta vida llena de adversidades, a conquistar las metas que me proponga hasta agotar los recursos que sean necesarios, a mi esposa Gabriela Molina por estar conmigo cuando he caído y motivarme a seguir adelante.

Agradezco a la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL, de ellos depende mi formación como persona, ya que sirvieron de guías en mi camino de vida, y siendo un pilar importante me hicieron crecer como persona y superar etapas.

Y a mí tutor Ing. Vallejo Samaniego, Luis Vicente, M.Sc. mis compañeros de trabajo gracias por el apoyo y amistad brindados durante este ciclo de mi vida.

Y a todas aquellas personas que, de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

DEDICATORIA

A Luciano Villacis mi amado y adorado hijo, a mis padres Galo Villacis y Guadalupe Robalino, a mis hermanos Alex, Diego y Sebastián que son mi ayuda indispensable.

Juan Carlos Villacis Robalino.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA:

Ingeniería en Eléctrico-Mecánica

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

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

f. _____

**ING. MONTENEGRO TEJADA, RAÚL, M.Sc.
COORDINADOR DE ÁREA**

f. _____

**ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc.
DIRECTOR DE CARRERA**

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
RESUMEN	xviii
CAPÍTULO 1	2
INTRODUCCIÓN	2
1.1 Justificación y alcance	2
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Tipo de investigación	3
1.5 Metodología	3
1.6 Hipótesis	3
PARTE I MARCO TEÓRICO.....	4
CAPÍTULO 2	4
GENERALIDADES DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	4
2.1 Energía solar fotovoltaica	4
2.2 Radiación solar	8
2.3 Paneles fotovoltaicos	11
2.4 Funcionamiento de los paneles fotovoltaicos.....	13

2.5	Tipos de paneles fotovoltaicos	15
CAPÍTULO 3.....		17
FORMULACIONES PARA CÁLCULO DE PANELES FOTOVOLTAICOS ..		17
3.1	Factores que inciden en el cálculo de paneles fotovoltaicos.....	17
3.1.1	Radiación solar	17
3.1.2	Pérdidas por sombreado del panel	18
3.2	Pasos para calcular paneles fotovoltaicos	19
3.3	Distancia entre paneles fotovoltaicos.....	23
3.4	Iluminación para alumbrado público.....	25
CAPÍTULO 4.....		27
LUMINOTECNIA PARA ALUMBRADO EN EXTERIORES		27
4.1	Fundamentos de luminotecnica	27
4.1.1	Iluminación.....	27
4.1.2	Cálculo de iluminación exterior	27
4.2	Iluminación sostenible en espacios exteriores	31
4.2.1	Ajustar tanto el horario y color adecuado.....	32
4.3	Requerimientos para la iluminación de espacios exteriores	33
4.4	Iluminación solar LED	35
4.4.1	Componentes de una luminaria LED solar	36
4.5	Alumbrado público en Ecuador	37
CAPÍTULO 5.....		39

NORMATIVAS DE ALUMBRADO PARA EXTERIORES	39
5.1 Normas de seguridad o eficiencia energética para iluminación LED America y Europa.	39
5.2 Normativa nacional de alumbrado.....	41
5.3 Normativa y especificaciones para los proyectos de iluminación LED	42
PARTE II APORTACIONES.....	44
CAPÍTULO 6	44
DIAGNÓSTICO DEL ALUMBRADO EXTERIOR DE LA FETD	44
6.1 Identificación del proyecto.....	44
6.2 Descripción de la iluminación actual	45
CAPÍTULO 7	49
DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN AUTÓNOMO	49
7.1 Selección de la luminaria	49
7.2 Descripción del funcionamiento	50
7.3 Simulación del sistema de iluminación autónomo.....	57
CAPÍTULO 8.....	61
PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	61
8.1 Cálculo del costo del proyecto implementado en la actualidad	61
8.2 Cálculo del costo del proyecto total para el parqueadero de la FETD	61
8.3 Montaje del prototipo.....	62
CAPÍTULO 9	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68

9.1	CONCLUSIONES	68
9.2	RECOMENDACIONES	69
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
	ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2:

<i>Tabla 2. 1 Componentes de sistemas FV según la carga.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 2. 2 Ventajas e inconvenientes de la energía solar.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2. 3 Irradiación solar en el Ecuador</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 2. 4 Tipos de células solares más utilizados</i>	<i>15</i>

CAPÍTULO 3:

<i>Tabla 3. 1 Factores atmosféricos que inciden en la radiación solar.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 3. 2 Índice de producción energía eléctrica.....</i>	<i>20</i>

CAPÍTULO 4:

<i>Tabla 4. 1 Valores relacionados con el nivel de iluminancia media.</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4. 2 Relación de flujo de lámpara y altura</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4. 3 Ubicación de luminarias en relación anchura/altura.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4. 4 Valores promedios de factor de mantenimiento.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 4. 5 Niveles de iluminación recomendados.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 4. 6 Clases de iluminación en áreas peatonales.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 4. 7Requerimientos de iluminación en áreas de tránsito peatonal.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 4. 8 Consumo eléctrico de iluminación pública en Ecuador</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 4. 9 Alumbrado público por tipo de tecnología en Ecuador.....</i>	<i>38</i>

CAPÍTULO 5:

<i>Tabla 5. 1 Normas y Requisitos técnicos de una luminaria LED.....</i>	<i>40</i>
--	-----------

<i>Tabla 5. 2 Estándar para componentes de sistemas fotovoltaicos</i>	<i>43</i>
---	-----------

CAPÍTULO 6:

<i>Tabla 6. 1 Descripción de las luminarias existentes en la FETD</i>	<i>46</i>
---	-----------

CAPÍTULO 7:

<i>Tabla 7. 1 Especificaciones técnicas de la luminaria seleccionada</i>	<i>49</i>
--	-----------

<i>Tabla 7. 2 Luminancia media por zona de simulación</i>	<i>60</i>
---	-----------

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2:

<i>Figura 2. 1 Elementos que componen una célula solar</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2. 2 Elementos que componen una célula solar</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2. 3 Componentes de la radiación solar terrestre.</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2. 4 Insolación difusa promedio</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2. 5 Insolación global promedio</i>	<i>10</i>
<i>Figura 2. 6 Partes de un panel fotovoltaico.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2. 7 Curvas características en paneles fotovoltaicos</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2. 8 Funcionamiento de los paneles fotovoltaicos</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2. 9 Conexión en paralelo de un panel fotovoltaico</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2. 10 Conexión en serie de un panel fotovoltaico</i>	<i>14</i>

CAPÍTULO 3:

<i>Figura 3. 1 Trayectoria del sol.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 3. 2 Tipos de sombreados de los paneles fotovoltaicos</i>	<i>19</i>
<i>Figura 3. 3 Índice de radiación solar en la ciudad de Guayaquil.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 3. 4 Cálculo de la distancia mínima entre filas de colectores.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 3. 5 Lámpara de alumbrado público autónomo.....</i>	<i>26</i>

CAPÍTULO 4:

<i>Figura 4. 1 Curvas del factor de utilización.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 4. 2 Representación de coeficientes.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 4. 3 Iluminación LED con distintas temperaturas de color</i>	<i>32</i>

<i>Figura 4. 4 Partes de una luminaria solar LED.</i>	<i>36</i>
--	-----------

CAPITULO 5:

<i>Figura 5. 1 Normas y especificaciones a nivel mundial para los sistemas a nivel mundial.</i>	<i>39</i>
--	-----------

CAPÍTULO 6:

<i>Figura 6. 1 Ubicación de la FETD de la UCSG</i>	<i>44</i>
--	-----------

<i>Figura 6. 2 Emplazamiento de proyecto de iluminación.....</i>	<i>45</i>
--	-----------

CAPÍTULO 7:

<i>Figura 7. 1 Curva fotométrica de la luminaria del proyecto</i>	<i>50</i>
---	-----------

<i>Figura 7. 2 Diagrama unifilar del sistema autónomo</i>	<i>50</i>
---	-----------

<i>Figura 7. 3 Régimen de descarga de las baterías</i>	<i>52</i>
--	-----------

<i>Figura 7. 4 Importación del plano 2D al software Dialux</i>	<i>57</i>
--	-----------

<i>Figura 7. 5 Extrusión del plano de 2D a 3D con Dialux.....</i>	<i>58</i>
---	-----------

<i>Figura 7. 6 Emplazamiento de luminarias con Dialux</i>	<i>58</i>
---	-----------

<i>Figura 7. 7 Simulación de iluminación con Dialux.....</i>	<i>59</i>
--	-----------

<i>Figura 7. 8 Cálculo de iluminación con Dialux</i>	<i>59</i>
--	-----------

<i>Figura 7. 9 Cálculo de colores falsos con Dialux</i>	<i>60</i>
---	-----------

CAPÍTULO 8:

<i>Figura 8. 1 Radiación solar en la zona de la UCSG.....</i>	<i>63</i>
---	-----------

<i>Figura 8. 2 Instalación de luminaria autónoma 1</i>	<i>63</i>
--	-----------

<i>Figura 8. 3 Luminaria 1 instalada en los exteriores de la FETD</i>	<i>64</i>
---	-----------

<i>Figura 8. 4 Perforación con taladro para montaje de la luminaria 2.....</i>	<i>65</i>
--	-----------

<i>Figura 8. 5 Montaje de los componentes de la luminaria 2</i>	<i>66</i>
---	-----------

<i>Figura 8. 6 Luminaria 2 instalada en los exteriores de FETD</i>	66
<i>Figura 8. 7 Vista lateral de la luminaria 1</i>	67
<i>Figura 8. 8 Vista lateral de la luminaria 2</i>	67

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se basa en actualidad a unas de las instalaciones más limpias de producción de energía generada, los paneles fotovoltaicos constituyen uno de los procesos más sencillos que se puede utilizar la energía del sol en energía eléctrica, toda la energía llega del sol a la tierra y se utiliza una pequeña parte de la radiación solar. El desarrollo de esta investigación está constituido por dos partes, la parte teórica y parte de diseño, simulación e implementación de una parte del proyecto. Cada vez es mayor las actividades con energía solar, englobando diseños diferentes como luminarias de alumbrado público o un auto solar, la desventaja que tiene este trabajo es su coste, los paneles fotovoltaicos son costosos y consta de materiales frágiles y sensibles, el objetivo de la energía solar tiene como contribuir en ahorro energético para la UCSG además de una mejora en la iluminación que favorece en gran medida al confort visual. En la parte de aportaciones, se realiza una descripción de las luminarias actuales instaladas, para luego realizar un cálculo y diseño para mejorar la iluminación en el ingreso de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.

PALABRAS CLAVES: Iluminación, LED, energía, fotovoltaica, renovable, radiación, autónomo, diseño, simulación.

ABSTRACT

The present titration work is currently based on one of the cleanest installations for the generation of generated energy, photovoltaic panels are one of the simplest processes that can be used for energy from the sun in electrical energy, all the energy comes from the sun to the earth and a small part of the solar radiation is used. The development of this research is constituted by two parts, the theoretical part and part of design, simulation and implementation of a part of the project. The activities with solar energy are increasingly greater, encompassing different designs such as public lighting luminaires or a solar car, the disadvantage of this work is its cost, photovoltaic panels are expensive and consist of fragile and sensitive materials, the objective of the Solar energy has as a contribution to saving energy for the UCSG as well as an improvement in lighting that greatly favors visual comfort. In the part of contributions, a description of the current installed luminaires is made, to then perform a calculation and design to improve the lighting in the entrance of the Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.

KEYS WORDS: Lighting, LED, energy, photovoltaic, renewable, radiation, autonomous, design, simulation.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación y alcance

Este trabajo de titulación surge por la necesidad de mejorar la iluminación exterior en Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil con un sistema de iluminación eficiente, autónoma y de bajo consumo, lo cual se logrará con el uso de luminarias LED y la captación de la energía solar mediante paneles fotovoltaicos.

1.2 Planteamiento del problema

Durante mucho tiempo la iluminación en la Facultad Técnica ha sido deficiente ya que las luminarias existentes no tienen la distancia requerida de tal manera que no existan puntos ciegos; es por este motivo que se plantea la implementación de alumbrado con iluminación led con paneles fotovoltaicos para los exteriores de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG, además mediante esta propuesta se busca motivar el uso de fuentes de energías renovables en la iluminación.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Implementar un sector de alumbrado con iluminación led utilizando paneles fotovoltaicos para los exteriores de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar las condiciones actuales de iluminación en los exteriores de la Facultad Técnica para el Desarrollo de la UCSG.
- Diseñar y simular la instalación del sistema de iluminación con tecnología LED alimentado por paneles fotovoltaicos.
- Presupuestar un sistema de iluminación autónomo para los exteriores de la Facultad Técnica para el Desarrollo de la UCSG.

1.4 Tipo de investigación

El tipo de investigación a utilizarse en este trabajo será de teórica documental y analítica, ya que se deberá adquirir vastos conocimientos en sistemas de iluminación autónoma mediante paneles solares y realizar el análisis del sistema de iluminación con el que cuenta la Facultad para poder realizar el diseño y presupuesto para la implementación.

1.5 Metodología

El presente trabajo se basará en una investigación documental, analítica con un enfoque cualitativo de las instalaciones lo cual se logrará con el método bibliográfico para obtener diferentes fuentes de información que permitan una base sólida para la fundamentación del proyecto, además de investigación de campo que permita conocer las falencias del sistema de iluminación.

1.6 Hipótesis

En los espacios exteriores de la Facultad Técnica para el Desarrollo existe una gran deficiencia de iluminación, específicamente en el área de parqueo, lo cual mejorará con el estudio e implementación de luminarias en lugares estratégicos, que, aprovechando el alto índice de radiación durante casi todo el año, pueden ser alimentados por un sistema autónomo que emplee paneles solares. Tomando en cuenta que existirán días nublados, se deberá realizar el dimensionamiento adecuado de los dispositivos para obtener un alto rendimiento del sistema.

PARTE I MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

2.1 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se encuentra dentro del estudio de la tecnología y la investigación que se relaciona con los dispositivos que se encargan de convertir la energía en forma de radiación proveniente del sol, energía eléctrica. Las células solares son elementos primordiales que constituyen la tecnología fotovoltaica. Las células solares se fabrican de material semiconductor, como el silicio. Una de las propiedades de los semiconductores que los hace útiles es que su conductividad puede modificarse fácilmente introduciendo impurezas en su red cristalina.

Por ejemplo, en la fabricación de células solares fotovoltaicas, el silicio, que tiene cuatro electrones de valencia, el cual es sometido a un proceso físico-químico que aumenta su conductividad. En un lado de la célula, las impurezas, que son átomos de fósforo que contiene cinco electrones de valencia (donador de tipo n), donan electrones de valencia ligeramente unidos al material de silicio, creando un exceso de portadores de carga negativa. Por otro lado, los átomos de boro que contienen tres electrones de valencia (donador de tipo p) crean una mayor afinidad que el silicio para atraer electrones.

Debido a que el silicio de tipo p está en contacto intrínseco con el silicio tipo n, se establece una unión pn y se produce una difusión de electrones desde la región de alta concentración de electrones (lado tipo n) al lado de baja concentración de electrones (p tipo de lado). Cuando los electrones se difunden a través de la unión p-n, se combinan con agujeros en el lado tipo p. Sin embargo, la difusión de portadores no ocurre indefinidamente, porque el desequilibrio de la carga inmediatamente a ambos lados de la unión origina un campo eléctrico. Este campo eléctrico forma un diodo que promueve que la corriente fluya en una sola dirección. Los contactos semiconductores de metal óhmico están hechos tanto para el lado tipo n como para el lado tipo p

de la célula solar, y los electrodos están listos para ser conectados a una carga externa, tal como se ilustra en la *figura 2.1* (Piebalgs & Potočník, 2009).

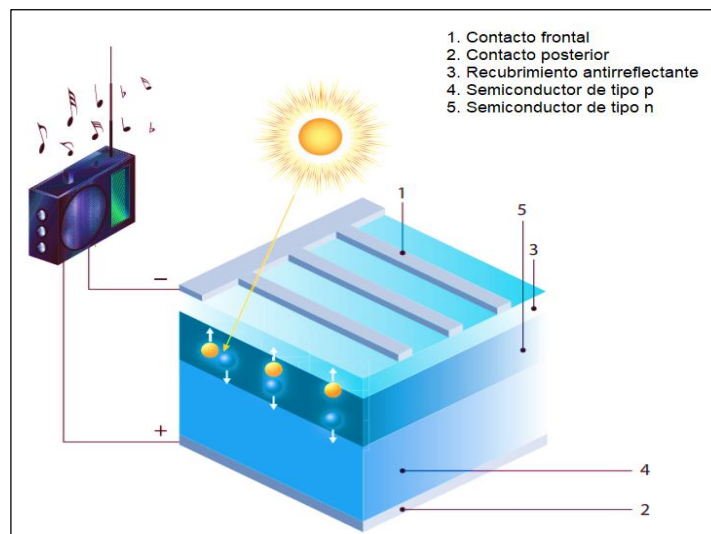


Figura 2. 1 Elementos que componen una célula solar
Elaborado por: El autor

Cuando los fotones de luz caen sobre la célula, transfieren su energía a los portadores de carga. El campo eléctrico a través de la unión separa portadores de carga positiva, también llamados foto-generadores (agujeros) de su homólogo negativo (electrones), de esta forma, se extrae una corriente eléctrica una vez que el circuito se cierre con una carga externa.

Existen varios tipos de celdas solares, sin embargo, más del 90% de las células solares actualmente fabricadas en todo el mundo consisten en células de silicio basadas en láminas. Se cortan de una sola varilla de cristal o de un bloque compuesto de muchos cristales y se denominan células solares de silicio monocristalinas o policristalinas. Las células solares de silicio basadas en obleas tienen aproximadamente 200 μm de espesor. Otra familia importante de células solares se basa en películas delgadas, de aproximadamente 1-2 μm de grosor y, por lo tanto, requieren un material semiconductor significativamente menos activo. Las celdas solares de película delgada se pueden fabricar a un costo menor en grandes cantidades de producción; por lo tanto, su cuota de mercado probablemente aumentará en el futuro. Sin embargo, indican una menor eficiencia que las células solares de silicio basadas en láminas, lo que significa que se requiere más superficie de exposición y material para la instalación para un rendimiento similar.

Un número de células solares conectadas eléctricamente entre sí y montadas en una única estructura o bastidor de soporte se denomina 'módulo fotovoltaico'. Los módulos están diseñados para suministrar electricidad a un cierto voltaje, como un sistema común de 12 voltios. La corriente producida depende directamente de la intensidad de la luz que llega al módulo. Se pueden conectar varios módulos juntos para formar una matriz. Los módulos y arreglos fotovoltaicos producen electricidad de corriente continua. Se pueden conectar en configuraciones eléctricas en serie y paralelas para producir cualquier combinación de corriente y voltaje requerida. Hay dos tipos principales de sistema fotovoltaicos:

- Sistemas de red, los cuales inyectan la electricidad en la red convencional. Por esta razón, la corriente continua producida por los módulos solares se convierte en una corriente alterna compatible con la red mediante el uso de inversores.
- Sistemas autónomos, que son sistemas aislados de la red, los cuales no dependen de la red convencional, ya que generan la energía suficiente para una aplicación específica, como es el caso de los sistemas autónomos de iluminación.

En la *figura 2.2* se esquematiza un sistema completo de energía solar fotovoltaica, son sus principales componentes tanto para un sistema de red o autónomo respectivamente.

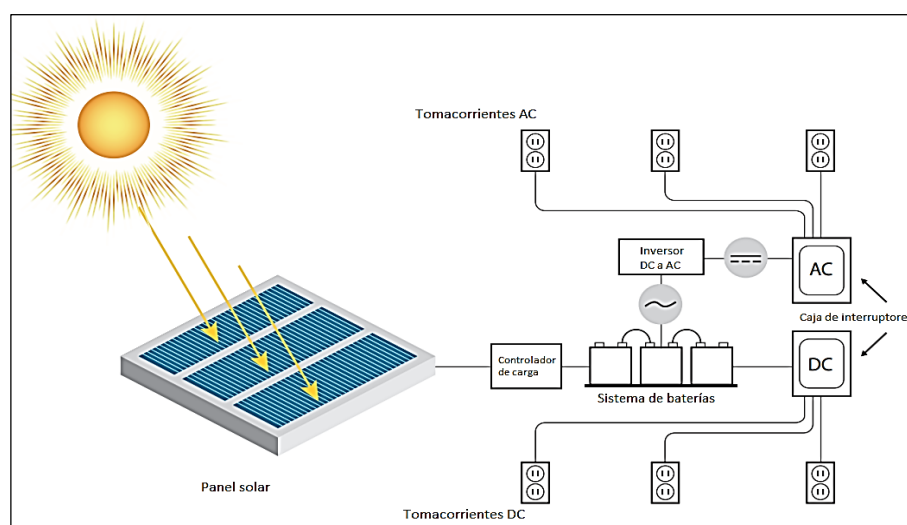


Figura 2. 2 Elementos que componen una célula solar
Elaborado por: El autor

En la figura anterior (figura 2.2) se puede sacar o extraer varias conclusiones, la diferencia que existe del tipo de corriente a utilizar según la carga o dispositivo se requiere alimentar, en la tabla 2.1 se muestran los componentes que constituyen tanto para un sistema fotovoltaico para cargas de corriente continua y corriente alterna.

Tabla 2. 1 Componentes de sistemas FV según la carga

Componentes en sistemas fotovoltaicos	
Para cargas de corriente continua	Para cargas de corriente alterna
- Panel solar fotovoltaico - Controlador de carga - Baterías - Caja de interruptores - Tomacorrientes DC	- Panel solar fotovoltaico - Controlador de carga - Baterías - Inversor de DC a AC

Elaborado por autor: El autor.

El uso de este tipo de energía también genera grandes controversias, ya que se dice que a la hora de la fabricación, las fábricas emanan grandes cantidades de CO₂ al ambiente, lo cual es cierto pero, si consideramos el impacto que generan otras industrias como la automotriz la cual se encuentra en circulación a todas las ciudades a nivel mundial, el impacto de la industria de los paneles fotovoltaicos es insignificante, además disminuye el uso de combustibles fósiles utilizados para la generación de energía eléctrica convencional, en la tabla 2.2 las ventajas e inconvenientes que traen consigo el uso de la energía solar fotovoltaica.

Si bien es cierto que el uso de las energías renovables trae consigo grandes beneficios en materia de ahorro, eficiencia y calidad de energía, es fundamental recalcar que también existen inconvenientes al momento de fabricar los elementos que componen el sistema y el área que ocupan cuando se tratan de proyectos de gran capacidad, como el caso de los parques de energía fotovoltaica.

Tabla 2. 2 Ventajas e inconvenientes de la energía solar

Energía Solar	
Ventajas	- Fomenta la eficiencia energética - El impacto ambiental, se reduce. - No produce residuos que perjudiquen el ambiente. - Económico costo de mantenimiento. - No depende de la red convencional de energía eléctrica.
Inconvenientes	- El sistema esta formado por baterías que contienen quimicos peligrosos, por lo que se deben proteger los depositos de agua caliente. - Cuando existen instalaciones grandes, el ecosistema puede verse afectado debido a la extensión de las mismas. - Impacto visual negativo si no se cuida la adecuada integracion de los paneles.

Fuente: (Méndez & Cuervo, 2007)

2.2 Radiación solar

La energía solar es el recurso energético más abundante en la tierra, la cual es recibida en forma de radiación y su intensidad depende de la posición del sol, del planeta. Para medir la radiación solar existen dos términos fundamentales que son:

- Irradiación es la cantidad de energía que se recibe en un lapso de tiempo y se mide en $\left[\frac{Kw.h}{m^2} \right]$
- Irradiancia es la potencia que se recibe en un instante y se mide en $\left[\frac{w}{m^2} \right]$

Existen dos tipos de radiación, una de ellas es radiación directa, que es aquella que proviene directamente del sol y en aplicaciones fotovoltaicas es la de mayor importancia, mientras que la otra es la radiación difusa, que presenta cambios en su dirección debido a la reflexión y difusión en la atmósfera. En los días soleados y despejados este tipo de radiación alcanza cerca del 15% del global, pero en los días que existe mayor presencia de nubes y disminuye la cantidad de radiación directa este tipo de radiación aumenta significativamente (Hernandez, 2014).

Estas radiaciones provienen de la reflexión ocasionada en el suelo y superficies contiguas. La cantidad obtenida de este tipo de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie. Tan solo las superficies verticales las que absorben esta radiación. (Hernandez, 2014)

En la figura 2.3 se observan las componentes de la radiación solar terrestre y como llegan a un sistema de captación.

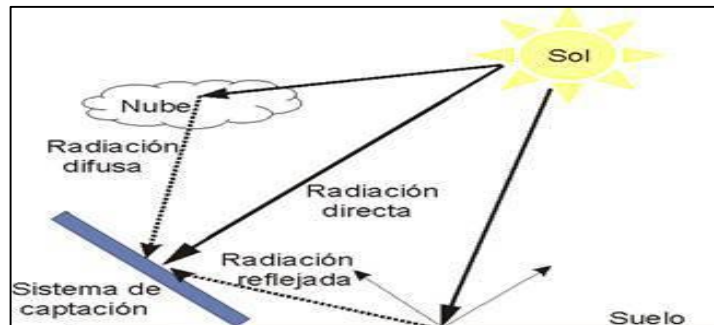


Figura 2. 3 Componentes de la radiación solar terrestre.
Fuente: (Hernandez, 2014)

Con fines de generación eléctrica, el CONELEC en el año 2008 presentó un atlas solar del país mediante el cual se pueda conocer datos reales de la energía solar mensual y anual de los niveles de insolación total y global. Los valores promedios mensuales se expresan en $\text{Wh/m}^2/\text{día}$. En la figura 2.2 que se presenta a continuación, se observa el mapa del Ecuador del promedio de la insolación difusa relacionada a todos los meses del año en toda la extensión geográfica de la zona continental ecuatoriana.

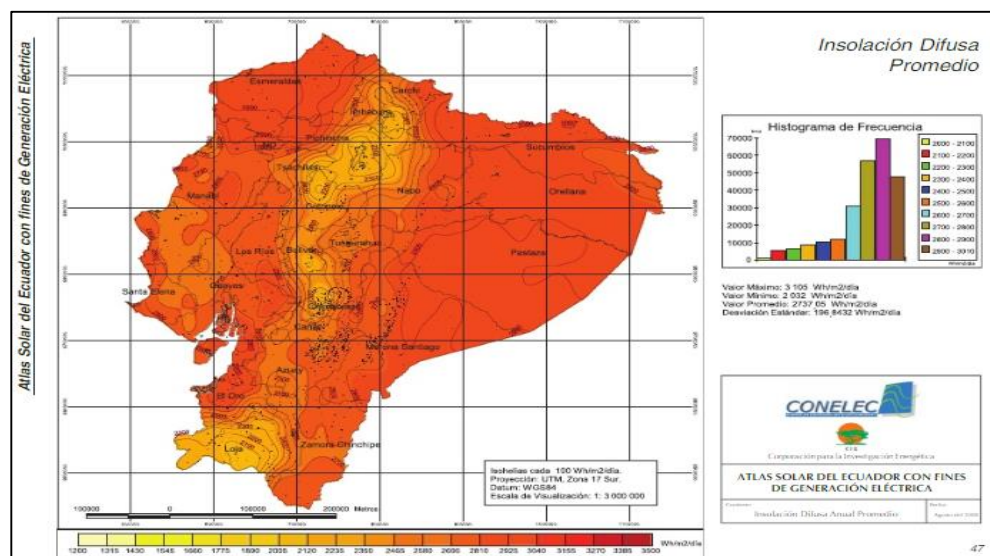


Figura 2. 4 Insolación difusa promedio
Fuente: (CONELEC, 2008)

En la figura 2.4 se observa el mapa del Ecuador representando los niveles de insolación global promedio relacionada a todos los meses del año. Donde se aprecia que, en la provincia del Guayas, y más específicamente en Guayaquil el índice de insolación es alto.

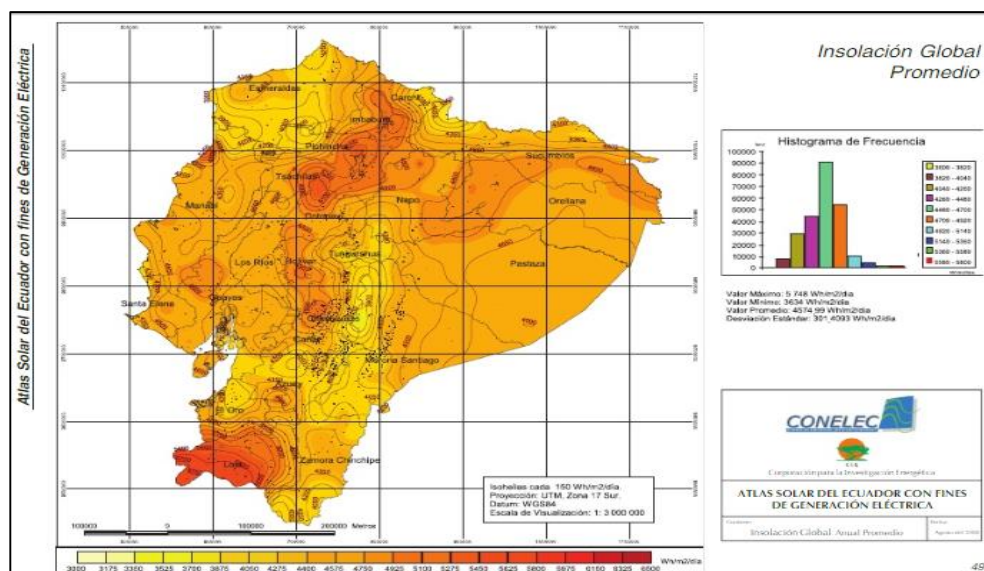


Figura 2. 5 Insolación global promedio
Fuente: (CONELEC, 2008)

Con los datos que se presentan en el Atlas solar del Ecuador, se muestra la tabla 2.3 Para la cual se ha analizado el índice mínimo y máximo de irradiación solar en el país.

Tabla 2. 3 Irradiación solar en el Ecuador

	Radiación solar global en la ciudad de Guayaquil											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Irradiación global horizontal KWh/m².mes	137.7	141.2	165.5	151.6	148.5	129.4	121.2	137.4	155.0	156.5	139.1	143.9
Irradiación difusa horizontal KWh/m².mes	80.5	72.0	88.5	76.9	77.10	69.8	78.5	82.0	76.6	83.5	77.10	80.2

Elaborado por: El autor.

2.3 Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos son dispositivos diseñados para aprovechar o captar la energía solar. El trabajo de estos paneles es convertir la energía que llega en forma de radiación, en electricidad (Punto Solar, 2018).

Un panel fotovoltaico se puede utilizar para generar energía eléctrica para una residencia, alumbrado público, o para aplicaciones comerciales e industriales (Punto Solar, 2018).

Un módulo fotovoltaico está compuesto por varias células fotovoltaicas que se conectan entre sí. Cada célula fotovoltaica que conforma el panel fotovoltaico debe estar correctamente ensambladas y protegidas.

Las células que componen los paneles se encuentran encapsuladas mediante un material llamado resina, el cual se coloca entre dos placas, que al juntarlas forman los denominados módulos fotovoltaicos. La lámina que se localiza en el exterior es de vidrio y la posterior, de material plástico o de vidrio, si se quiere hacer un módulo semitransparente (Punto Solar, 2018).

A continuación, en la figura 2.5 se muestran las partes de un panel fotovoltaico.

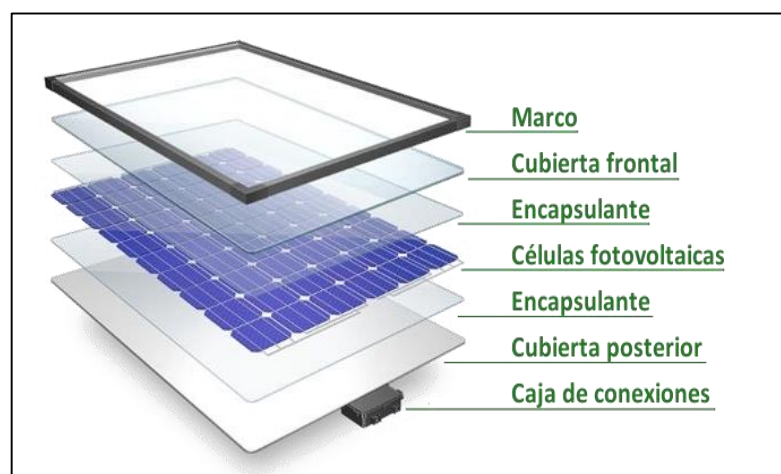


Figura 2. 6 Partes de un panel fotovoltaico
Fuente: (HelioEsfera, 2017)

Las células solares que componen los paneles están formadas por células elementales diminutas que actúan como conductor del calor irradiado por el sol, que cuyo tamaño oscila entre 8 cm² y 10 cm², los cuales se agrupan

para formar paneles que posean una superficie total de entre 800 cm² y los 2.5 cm², y según el tamaño, se presentan diferentes curvas características de desempeño, como se muestra en la figura 2.7.

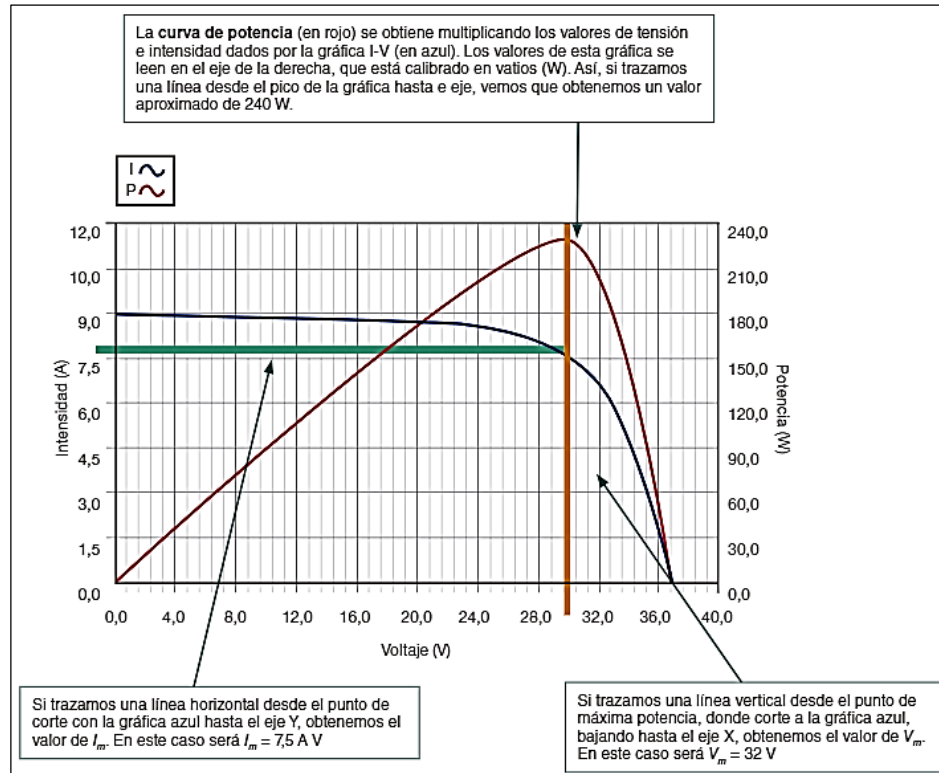


Figura 2. 7 Curvas características en paneles fotovoltaicos
Fuente: (Díaz & Carmona, 2010)

Para determinar el punto de máxima potencia se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_{mp} = V_{mp} \times I_{mp}$$

Donde:

- P_{mp} : Punto de potencia máxima
- V_{mp} : Voltaje de máxima potencia
- I_{mp} : Corriente de máxima potencia

Las curvas características de los paneles fotovoltaicos estudian tres parámetros eléctricos, de gran importancia para el dimensionamiento y aplicación de los mismos, como lo es la curva de tensión-intensidad, y la de tensión-potencia las cuales se detallan a continuación:

- Curva de tensión-intensidad:
- Curva de tensión-potencia:

2.4 Funcionamiento de los paneles fotovoltaicos

Las placas fotovoltaicas captan los fotones contenidos en los rayos solares, y los materiales semiconductores que los conforman los transforman en una corriente de electrones continua lo que equivale a la electricidad. A continuación, se llevan a un regulador, luego parte se almacena normalmente en acumuladores y la otra parte se convierte en energía alterna mediante inversores para el uso doméstico tal como se muestra en la figura 2.6 (Rubiano, 2010)

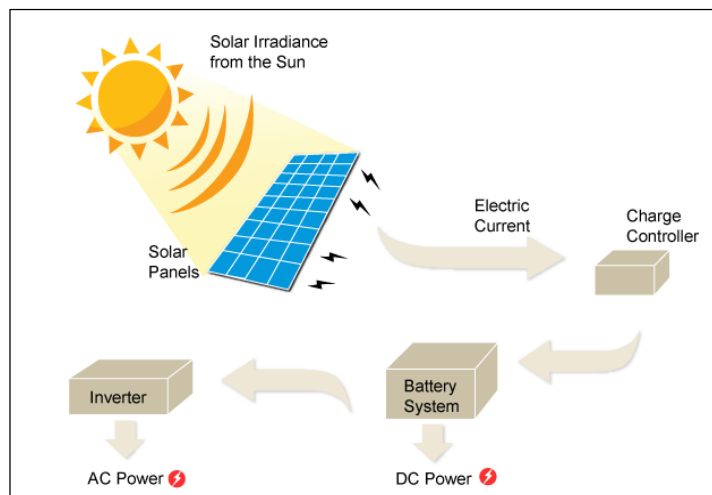


Figura 2. 8 Funcionamiento de los paneles fotovoltaicos
Fuente: (Tecno Laing, 2016)

La electricidad se origina por medio de placas fotovoltaicas en corriente continua, y varían de 20 a 40 células solares. Para obtener el voltaje necesario, para la alimentación de las baterías de 12V en corriente continua, se debe tener 36 células que conformen los módulos.

Existen dos maneras para combinar placas solares fotovoltaicas:

- **Conexión en paralelo:** Se realiza la conexión de polos iguales, es decir, polos positivos con positivos y polos negativos con negativos, tal como se observa en la Figura 2.7. mediante esta conexión se obtiene la misma tensión del módulo. («Energía solar», 2018)

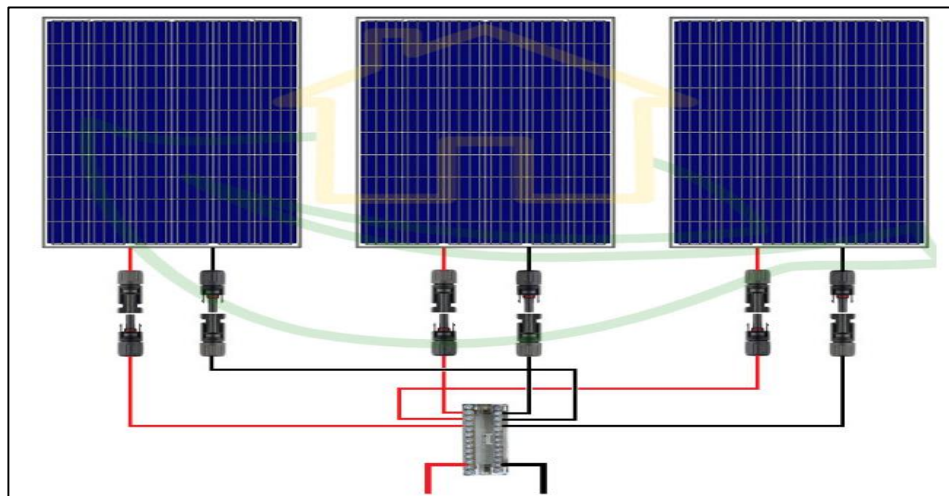


Figura 2. 9 Conexión en paralelo de un panel fotovoltaico
Fuente: (Autosolar Energy Solution, 2018)

- **Conexión en serie:** Para realizar la conexión en serie se debe unir el polo positivo de un panel con el polo negativo de otro panel, como se observa en la Figura 2.8. Al realizar este tipo de conexión, la tensión que se obtiene será igual a la suma de las tensiones de cada módulo. («Energía solar», 2018)

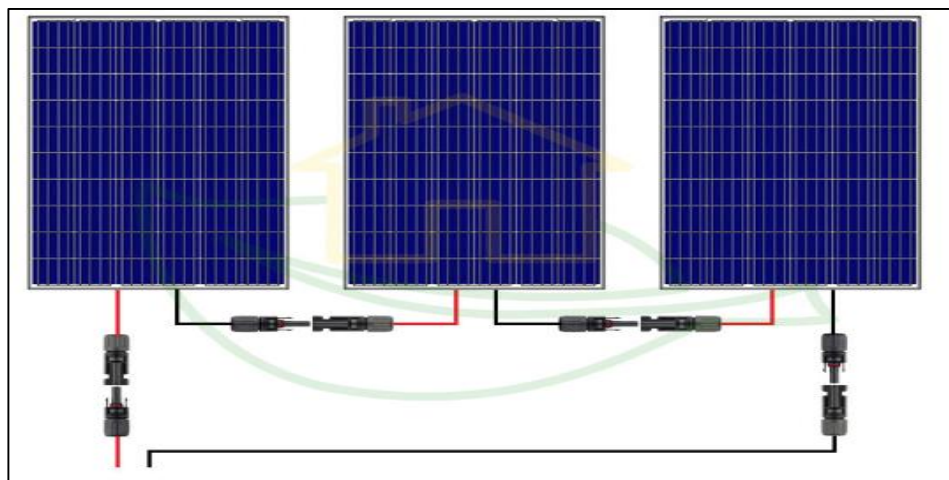


Figura 2. 10 Conexión en serie de un panel fotovoltaico
Fuente: (Autosolar Energy Solution, 2018)

Para paneles conectados en serie, la tensión total es la suma de todos los paneles, un solo panel proporcionará la intensidad del cual. Cuando falle el panel conectado en serie deja de funcionar el circuito.

Los paneles conectados en paralelo, la tensión será la suministrada a uno de los paneles y la corriente total será la sumatoria de las corrientes de cada panel.

2.5 Tipos de paneles fotovoltaicos

Existen tres tipos de paneles dependiendo de forma en que se procesa el Silicio, los cuales son los siguientes: monocristalinos, policristalinos y amorfos. Actualmente con los avances tecnológicos, la producción de paneles fotovoltaicos está revolucionando la generación eléctrica.

Los paneles se forman a partir de gotas de silicio, que dan como resultado placas de pequeñas células solares de forma esférica que captan la radiación solar en todos los ángulos posibles. (RENOVETEC, 2009)

- Celdas Monocristalinas: Se forman mediante placas de un solo cristal de silicio (identificable por ser circulares o hexagonales). (RENOVETEC, 2009)
- Celdas Policristalinas: Este tipo de celda está formada por minúsculas partículas de silicio que se encuentran cristalizadas. (RENOVETEC, 2009)
- Celdas Amorfos: En estas celdas se presenta silicio que no ha sido cristalizado. (RENOVETEC, 2009)

En la Tabla 2.2 se observan los tipos de células solares que son más utilizados en la industria con su respectiva eficiencia y aspecto.

Tabla 2. 4 Tipos de células solares más utilizados

Tipo de célula	Eficiencia	Aspecto	Características
Silicio monocristalino	15-18%		Estructura cristalina uniforme. Es fabricada con lingotes cilíndricos de gran pureza que se cortan en obleas. Se invierte mucha energía en su construcción. Es el primer material en ser utilizado a nivel industrial.
Silicio policristalino	12-14%		Estructura cristalina no uniforme. Es fabricada en moldes rectangulares de menor coste que el de silicio monocristalino.
Silicio amorfo	6-9%		Estructura no cristalina. Su potencia se degrada con el tiempo de utilización. Se puede depositar como una capa muy fina en muchos tipos de soportes, inclusive flexibles. Bajo costo de fabricación.

Fuente: (Díaz & Carmona, 2010)

El rendimiento del panel se determina con la relación que existe entre la cantidad de energía generada, y la irradiada por el sol cuando el circuito está alimentando a una carga:

$$\eta = P_{mp} / E \times A$$

Donde:

E : Nivel de radiación sobre la superficie del panel (W/m^2), bajo condiciones estándar.

A_c : Superficie del panel fotovoltaico (m^2)

El uso de los paneles fotovoltaicos en generación eléctrica, ha tenido una gran aceptación es por ello que la industria encargada de su producción ha desarrollado nuevas tecnologías de tal manera que permitan reducir los costos. (RENOVETEC, 2009)

Entre las nuevas tecnologías de paneles se cuenta con los fotovoltaicos orgánicos (OPV), los cuales se pueden pintar sobre una superficie, ya sea en las paredes exteriores de un edificio o el tejado de una vivienda. A más de esto, se ha implementado métodos de impresión y recubrimiento que son de alta velocidad con los cuales se pretende revestir áreas más amplias en un menos tiempo. (RENOVETEC, 2009)

Existen módulos que se fundan en CIGS, es decir módulos de cobre, indio, galio y selenio), los cuales se los conoce como Thin-film por ser tan delgados. Cuentan con un soporte flexible y ligero en donde se encuentran las partículas de CIGS, la flexibilidad de los soportes permite que puedan ser colocados no solo en tejados, si no en fachadas y ventanas de edificios, así como también en teléfonos móviles, ordenadores portátiles y automóviles. Estas nuevas tecnologías, demuestran que son más rentables y eco eficientes, convirtiéndose en una alternativa de bajo costo que permita la inversión basada en los entornos económicos del precio de la energía (RENOVETEC, 2009).

CAPÍTULO 3

FORMULACIONES PARA CÁLCULO DE PANELES FOTOVOLTAICOS

3.1 Factores que inciden en el cálculo de paneles fotovoltaicos

3.1.1 Radiación solar

La radiación solar incidente cumple un papel importante en el cálculo e instalación de los paneles fotovoltaicos, es por ello que se deben tomar en cuenta los factores que inciden con la cantidad de radiación que llega a la Tierra y en determinada ubicación geográfica. (Díaz & Carmona, 2010)

El factor astronómico y geográfico ayuda al cálculo de la radiación que se recibe en el lugar donde se planea realizar la instalación, teniendo en cuenta la trayectoria diaria y anual que realiza el sol tal como se muestra en la figura 3.1.

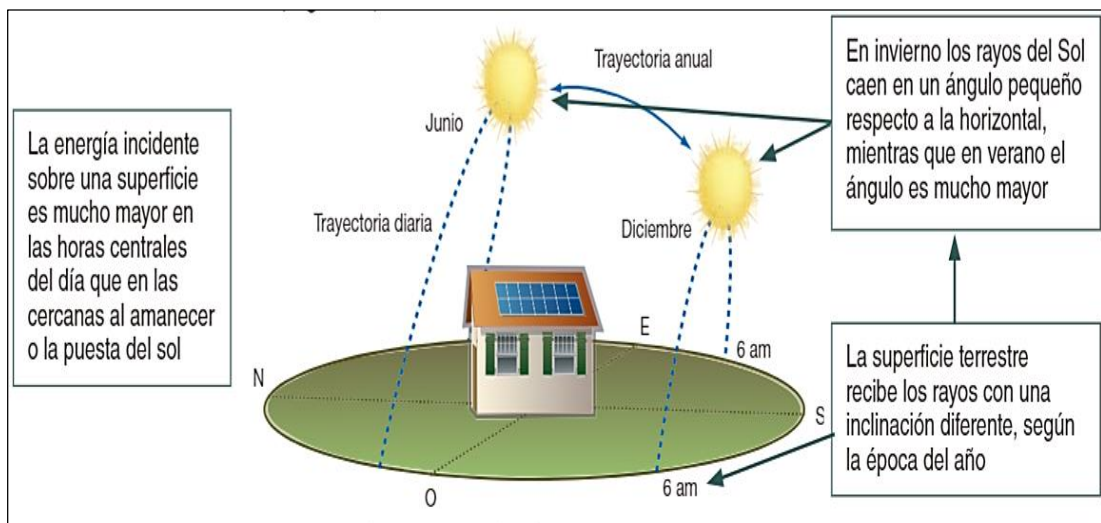


Figura 3. 1 Trayectoria del sol
Fuente: (Díaz & Carmona, 2010)

Cuando el sol se localiza en horas de medio día, alcanza la mayor radiación, y dependiendo de la estación del año en que se encuentre ya trayectoria de mayor incidencia, varía.

Cuando la radiación solar llega a la Tierra se ve afectada por factores atmosféricos, los cuales afectan la energía. A continuación, se presenta la Tabla 3.1 en la cual se describen los factores atmosféricos que inciden en la radiación.

Tabla 3. 1 Factores atmosféricos que inciden en la radiación solar

Dispersión	Producida por la presencia de partículas de polvo en suspensión y de moléculas de agua. Parte de la energía es desviada, y no llega a la Tierra.
Reflexión	Fenómeno sufrido por la radiación solar extraterrestre al llegar a la atmósfera, debido a la presencia de nubes, moléculas de vapor de agua, etc. Parte de las radiaciones recibidas son devueltas de nuevo al espacio, con lo que no llegan a la superficie terrestre.
Difracción	Fenómeno provocado sobre la radiación solar por las nubes. Al llegar sobre ellos los rayos solares, se descomponen en múltiples trayectos de menor energía que el rayo incidente.
Absorción	Parte de la radiación que llega a la atmósfera es absorbida por los gases presentes en ella (oxígeno, ozono, etc.) y no puede ser recibida en la superficie terrestre.

Fuente: (Díaz & Carmona, 2010)

3.1.2 Pérdidas por sombreado del panel

Al momento de realizar el cálculo y futura instalación de paneles fotovoltaicos se debe considerar la aparición de sombras que tendrán una incidencia negativa en ellos, ya que surgirá una disminución en la intensidad pudiendo lograr la anulación del funcionamiento de los mismos.

Para lograr una estimación del factor de sombra existen tablas y mapas de sombreado, los cuales no se tienen en cuenta de una manera inexorable al momento de hacer el cálculo de la instalación. (Díaz & Carmona, 2010)

En días de mayor demanda de energía eléctrica, el sombreado resulta un gran problema, ya que, si la mitad de una célula solar se encuentra en un lugar con sombra, tan solo va a producir la mitad de la intensidad para la cual está fabricada, ocasionando por su conexión en serie que las células conectadas a ella también disminuyan su intensidad. (Díaz & Carmona, 2010)

El sombreado se puede dar por vegetación cercana, sombras puntuales por nubes o pájaros, así como también por los soportes de los mismos paneles en caso de que se encuentren en edificios.

A continuación, en la Figura 3.2 se puede observar los tipos de sombreado a los que puede estar expuesto un panel fotovoltaico.

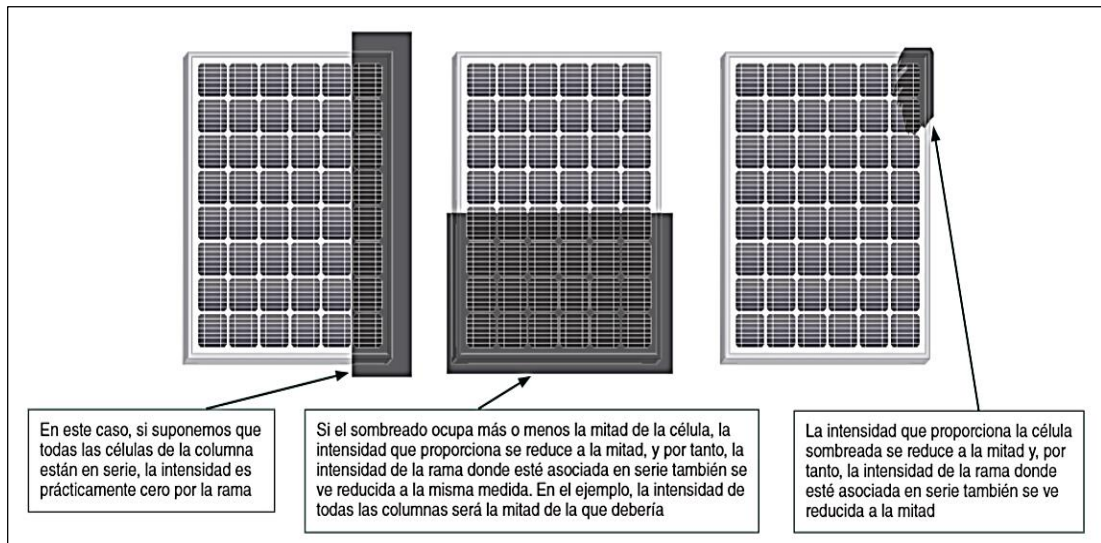


Figura 3. 2 Tipos de sombreados de los paneles fotovoltaicos

Fuente: (Díaz & Carmona, 2010)

3.2 Pasos para calcular paneles fotovoltaicos

Para realizar los cálculos de los paneles fotovoltaicos es necesario conocer el consumo de la carga que se desea alimentar, y del tiempo de utilización diaria.

Se debe establecer los equipos que consumirán la energía proporcionada por los paneles, por ejemplo:

$$\text{Bombillas: } 4 \text{ unidades} \times 4h \times 60w \text{ (100\%)} = 960wh$$

$$\text{Televisión: } 1 \text{ unidad} \times 3h \times 70w \text{ (100\%)} = 210wh$$

Mediante este cálculo se determina la demanda de autonomía, ya sea para cubrir de forma parcial las necesidades que surjan en la instalación conectada a la red o en una instalación autónoma.

Al sumar las demandas parciales, se obtiene el consumo total.

$$\text{Total consumos por días estimados (Cde)} = 1170wh/día$$

Además, se aplica el rendimiento del 75% a la instalación para calcular la energía total que se necesitará para abastecer la demanda.

$$Total\ energía\ necesaria\ (Ten) = \frac{Cde}{0,75} = 1560wh/dia$$

Para obtener estos datos se dispone de tablas con estimaciones ya existentes, las cuales se encuentran en bases de datos tales como:

- Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS): sistema de información geográfica para instalaciones fotovoltaicas.
- Censolar H-World (valores medios mensuales de muchas localidades del mundo).
- Portal sobre energia solar de la NASA

En la ciudad de Guayaquil, la cual se encuentra circunscrita a la división zona 8, la cual comprende a Guayaquil, Durán y Samborondón, el índice de radiación solar alcanza su pico máximo a las 12:00 del mediodía, donde oscila entre los 800 y los 1100 $\frac{Watts}{m^2}$.

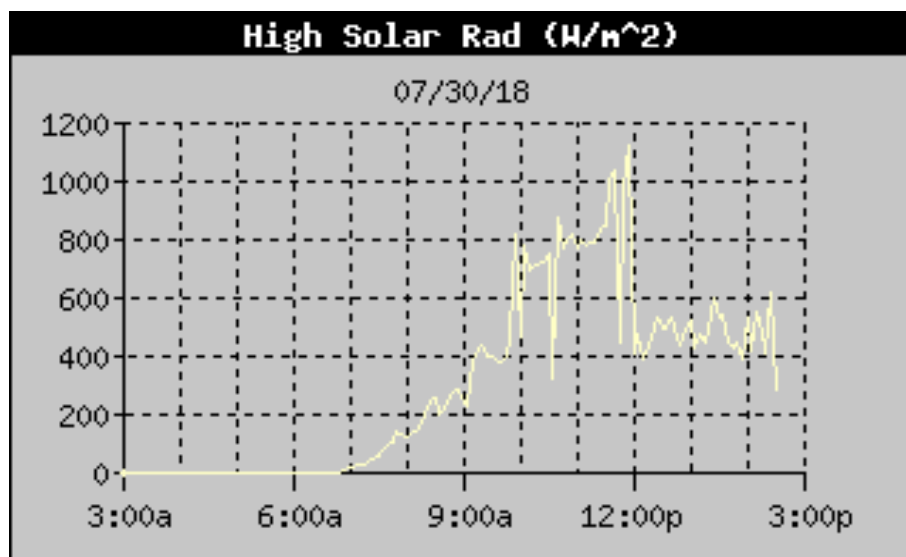


Figura 3. 3 Radiación solar en la ciudad de Guayaquil
Fuente: (Exa, 2018)

A manera de ejemplo se ha utilizado la aplicación PVGIS, obteniéndose la tabla 3.2 en la cual se muestra el índice de producción de energía eléctrica.

Tabla 3. 2 Índice de producción energía eléctrica

<i>Mes</i>	<i>Ed</i>	<i>Em</i>	<i>Hd</i>	<i>Hm</i>
<i>Enero</i>	3.45	107	4.35	135
<i>Febrero</i>	4.11	115	5.25	147
<i>Marzo</i>	4.70	146	6.21	193
<i>Abril</i>	4.53	136	6.05	181
<i>Mayo</i>	4.76	148	6.49	201
<i>Junio</i>	5.11	153	7.14	214
<i>Julio</i>	5.26	163	7.49	232
<i>Agosto</i>	5.18	160	7.34	228
<i>Septiembre</i>	4.69	141	6.46	194
<i>Octubre</i>	4.39	136	5.88	182
<i>Noviembre</i>	3.63	109	4.66	140
<i>Diciembre</i>	3.38	105	4.27	133
Total	4.43	135	5.97	182

Fuente: (Renovables, 2015)

Donde:

E_d : Producción energía eléctrica diaria (kWh)

E_m : Producción de energía eléctrica mensual (kWh)

H_d : Sumatoria del promedio de irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos por día (kWh/m²)

H_m : Sumatoria del promedio de irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos por mes (kWh/m²)

Cuando se conoce la radiación solar que incide en nuestro plano del proyecto, se dividimos para la radiación solar incidente que utilizamos para calibrar los módulos. (1 kW/m²), y obtendremos la cantidad de horas pico solares (HPS). En algunos casos este valor no cambia, pero generalmente se utiliza el concepto de HPS (horas pico solar) que es el número de horas en la que el sol irradia aproximadamente 1000 W /m² para obtener la insolación total de un día, ya que en realidad el sol varía la intensidad a lo largo del día. (Renovables, 2015)

$$\text{HSP} = \text{radiación solar tablas} / 1\text{kW/m}^2 = 4,27 \text{ HSP}$$

Para el cálculo de los paneles fotovoltaicos, en las instalaciones de uso diario se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{N}^\circ \text{ de módulos} = (\text{energía necesaria}) / (\text{HSP} * \text{rendimiento de trabajo} * \text{potencia pico del módulo})$$

Cuando los paneles se encuentran expuestos a la suciedad, generalmente, su rendimiento disminuye entre un (0,7 – 0,75), con respecto a su autonomía habitual.

Número de módulos para instalación de uso diario:

$$\text{Nmd} = \frac{(5400)}{(4,5 * 0,75 * 180)} = 8,8 == 9 \text{ módulos}$$

Para instalaciones de fin de semana utilizaremos la fórmula:

$$\text{Numero de módulos} = (3 * \text{energía necesaria}) / (\text{HPS} * \text{rendimiento de trabajo} * 7.5 * \text{potencia pico del módulo})$$

Número de módulos para instalación de uso para fin de semana:

$$\text{Nmfd} = (3 * 5493) / (4,27 * 0,8 * 7 * 180) = 3,8 \text{ Redondeando 4 módulos}$$

Para diseñar la capacidad de las baterías de acumulación, primero tendremos de establecer la autonomía deseada en caso de tener días desfavorables sin insolación por abundante nubosidad. En el caso que nos ocupa, para fines de semana la máxima autonomía necesaria la podemos establecer en 3 días (viernes, sábado y domingo). En electrificación de casas rurales para abastecimiento diario podría establecerse entre 4-6 días, teniendo en cuenta que este valor se puede reducir en el caso de que dispongamos de un grupo electrógeno de refuerzo.

Capacidad de la batería

$$= (\text{energía necesaria} * \text{días de autonomía}) / (\text{Voltaje} * \text{profundidad de descarga de la batería})$$

La profundidad de descarga depende del tipo de batería elegido. Estos valores oscilan entre 0,5 a 0,8. Se pueden consultar los valores en las

especificaciones técnicas de cada modelo y según el fabricante. Para este ejemplo, se seleccionó una batería que soporta una descarga de hasta un 60%.

$$\text{Capacidad de acumulación} = (5400 * 3) / (24 * 0,6) = 1125 \text{ Ah (c100)}$$

La multiplicación del (c100) muestra que la capacidad de la batería será la suministrada por períodos de acumulación de energía de 100 horas, que generalmente es la establecida en proyectos de iluminación.

Para garantizar el mejor rendimiento del sistema es necesario realizar pruebas de funcionamiento para prever posibles fallos. Normalmente al momento de captar energía se requiere una cantidad mínima de intensidad de carga que carguen correctamente las baterías y de esta manera extender la vida útil de las mismas.

Para el caso de los reguladores de carga, estos vienen predeterminados para una cierta intensidad máxima de trabajo y por la tensión a la que va a operar la instalación. La potencia del convertidor de CC/AC la tendremos que elegir en función de la suma de todas las potencias nominales de los equipos consumidores multiplicado por el coeficiente de simultaneidad de uso de estos. (Normalmente valores que van de 0,5-0,7). En nuestro caso la potencia total e estimada es de 1500 W.

$$\text{Potencia convertidor} = 1500 * 0,7 = 1050 \text{ W}$$

Siempre se debe establecer una potencia mayor por si puntualmente se utiliza algún otro electrodoméstico de mayor consumo.

3.3 Distancia entre paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos se encuentran orientados al sol, esto se da por la automatización mediante dispositivos de seguimiento de rayos solares mecánicos o desde una posición fija. Cuando el panel fotovoltaico es de baja o media tensión, son instalados en posición fija; en ello radica la importancia de la correcta instalación con la finalidad de aprovechar al máximo la radiación solar (Sebastián, 2018).

Cuando se requiere la instalación de varios paneles en área como patios, azoteas o al aire libre, es imprescindible conocer la distancia a la cual se encontrarán ya sea en filas o columnas para evitar el surgimiento de sombras que afecte el rendimiento del sistema (Sebastián, 2018).

En la figura 3.3 se observa la distancia mínima existente entre las líneas de captadores a fin de lograr que la fila anterior no proyecte sombras en la posterior; esto dependerá de la altura (h) del panel fotovoltaico y de la latitud del lugar donde se tiene prevista la instalación (Sebastián, 2018)

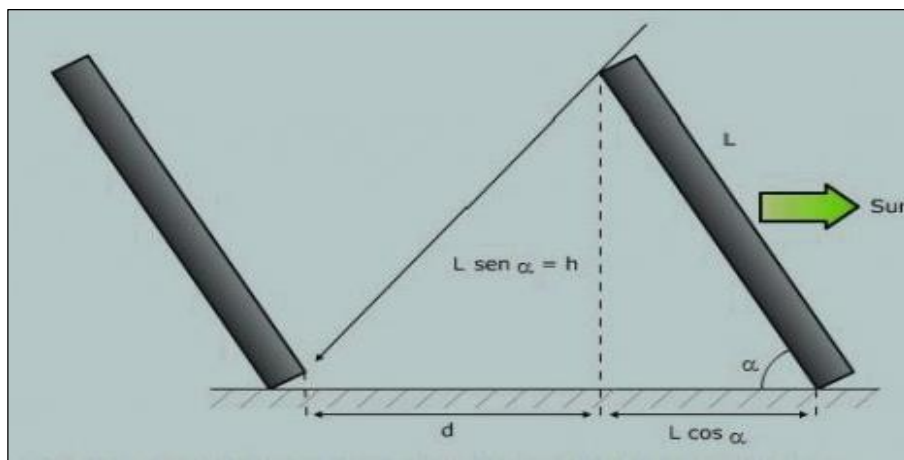


Figura 3. 4 Cálculo de la distancia mínima entre filas de colectores
Fuente: (Sebastián, 2018)

A continuación, se presenta la fórmula que permite calcular la distancia que deberá tener cada panel fotovoltaico para obtener su máximo rendimiento:

$$d \text{ (distancia)} = \frac{h}{\text{tg}(61^\circ - \text{latitud})} = h * k$$

Donde:

d: Distancia medida sobre la horizontal entre una fila de paneles de la h colocado en el panel y la h (altura) colocado el panel. Es decir, la distancia mínima entre fila y fila que no permite la aparición de sombras que limiten el sistema.

h: Altura con respecto a la superficie horizontal.

k: Coeficiente adimensional con valor tabulado en función de la latitud del lugar.

Latitud: Del lugar donde está la instalación de los paneles fotovoltaicos.

Todos estos cálculos serán requeridos en el momento del montaje de todo tipo de proyectos que contengan este tipo de energía, siempre procurando dinamizar el buen uso de los equipos y de esta manera obtener su máximo rendimiento.

3.4 Iluminación para alumbrado público

Actualmente el uso de paneles fotovoltaicos, está en constante evolución, tanto es así, que ya existen edificios y áreas exteriores totalmente autónomos en cuanto a ciertas áreas de consumo como, por ejemplo: la iluminación, climatización, entre otras.

En cuanto a la iluminación se está desarrollando la iluminación autónoma la cual permite tener un sistema que solo funcione con energía solar, el cual consiste en captar la energía del sol y al mismo tiempo consumirla en espacios interiores tales como oficinas u hogares, mientras que por otro lado existe la iluminación para espacios públicos exteriores donde se utilizan equipos inteligentes que se encargan de captar la energía del sol en baterías durante el día y mediante detectores de luminosidad, encender las luminarias cuando sea necesario, teniendo autonomías de hasta 12 horas.

La iluminación pública utiliza lugares adecuados con un estilo atractivo, y es utilizada en lugares tales como, áreas sociales, parques y calles, que son centros de actividades recreacionales, y necesitan el tipo de iluminación adecuada para que las personas se sientan seguras y complacidos al caer la oscuridad. Es por esto, que los fabricantes ofrecen algunas propuestas de iluminación interior y exterior totalmente eficientes y de muy buena calidad para el uso de las normas específicas de los caminos de las personas, las plazas, las iglesias, los parques, las autopistas, los túneles, los puentes, los estadios, las avenidas y otros lugares.

En la figura 3.5 se observa una luminaria de alumbrado público de tipo autónoma, montada en poste con su respectivo panel solar.



Figura 3. 5 Lámpara de alumbrado público autónomo
Fuente: (Punto Solar, 2018)

Los sistemas autónomos, actualmente se utilizan para mejorar la iluminación en sectores donde la luz es deficiente, tales como zonas comerciales, áreas sociales, parqueos, zonas de tránsito público, y poseen una característica, la cual permite regular manualmente por un operador la incidencia lumínica o también puede ser en automático.

En los sistemas automáticos de iluminación existen sensores que actúan en función de la iluminación exterior, en el caso de los parqueaderos situados a la intemperie estos se adaptan a la situación en tiempo real, desde su encendido hasta su posterior apagado cuando censa que ya no es necesario proveer de iluminación a una zona específica o todo el espacio en general.

CAPÍTULO 4

LUMINOTECNIA PARA ALUMBRADO EN EXTERIORES

4.1 Fundamentos de luminotecnica

4.1.1 Iluminación

La iluminación es la relación que incide del flujo luminoso de una fuente de iluminación hacia una superficie determinada por unidad de área, esta relación se la expresa en unidades lux, la iluminación permite a las personas poder obtener una mejor apreciación de los objetos en tiempo determinado y sin obtener fatiga visual (Bejarano, 2011).

- Flujo luminoso: Es la potencia total que tiene la luz visible que surge de las fuentes de radiación. La unidad del flujo luminoso es el lumen (lm). (Sánchez, 2014)
- Luminancia: La luminancia es la luz procedente de los objetos. También es conocida brillo fotométrico.
- Iluminancia: La iluminancia es el nivel de iluminación, el cual es el flujo luminoso que es absorbido por una área. Se simboliza con la letra “E” y su se mide en (lux).
- Intensidad luminosa: Se refiere a la cantidad de flujo luminoso que se emite desde la fuente, este flujo está comprendido en un ángulo sólido. La unidad de la intensidad luminosa es la candela (cd). (Sánchez, 2014)

4.1.2 Cálculo de iluminación exterior

Método de lúmenes o del factor de utilización:

Mediante este método se logra calcular la distancia a la cual deben estar separadas las luminarias de tal manera que se garantice un nivel de iluminación adecuado. El procedimiento para calcular la distancia entre luminarias es el siguiente:

Establecer el nivel de iluminancia media [lm]; valor que dependerá de las características y el tipo de pavimento de la calzada, clase de vía, etc. A manera de ejemplo se utilizan los siguientes valores detallados en la tabla 4.1:

Tabla 4. 1 Valores relacionados con el nivel de iluminancia media.

Tipo de vía	Iluminancia media (lx)	Luminancia media (cd/m ²)
A	35	2
B	35	2
C	30	1.9
D	28	1.7
E	25	1.4

Fuente: (Garcia, 2013)

Elegir el tipo de lámpara que deberá utilizarse, en este caso LED's, así como la altura a la cual se realizará el montaje de las mismas. En la tabla 4.2 se aprecia la relación que existe entre el flujo de la lámpara y la altura de montaje.

Tabla 4. 2 Relación de flujo de lámpara y altura

Flujo de lámpara (lm)	Altura (m)
$3000 \leq \Phi_L < 10000$	$6 \leq H < 8$
$10000 \leq \Phi_L < 20000$	$8 \leq H < 10$
$20000 \leq \Phi_L < 40000$	$10 \leq H < 12$
≥ 40000	≥ 12

Fuente: (García, 2013)

Determinar la ubicación de las luminarias, teniendo en cuenta la relación de anchura de la calzada y la altura de montaje, como se muestra en la tabla 4.3.

Tabla 4. 3 Ubicación de luminarias en relación anchura/altura

Ubicación	Relación anchura/altura
Unilateral	≤ 1
Tresbolillo	$1 < A/H \leq 1.5$
Pareada	> 1.5

Fuente: (García, 2013)

Establecer el factor de mantenimiento, el cual dependerá de las características de la zona en la que se encuentren las luminarias, en la tabla 4.4 se observan los valores promedios teniendo en cuenta si es una luminaria abierta o cerrada.

Tabla 4. 4 Valores promedios de factor de mantenimiento

Características de la zona	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0.75	0.80
Media	0.68	0.70
Sucia	0.68	0.68

Fuente: (García, 2013)

1. Calcular el factor de utilización (η) el cual es la medida de rendimiento de la luminaria y se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{útil}}}{\Phi_L}$$

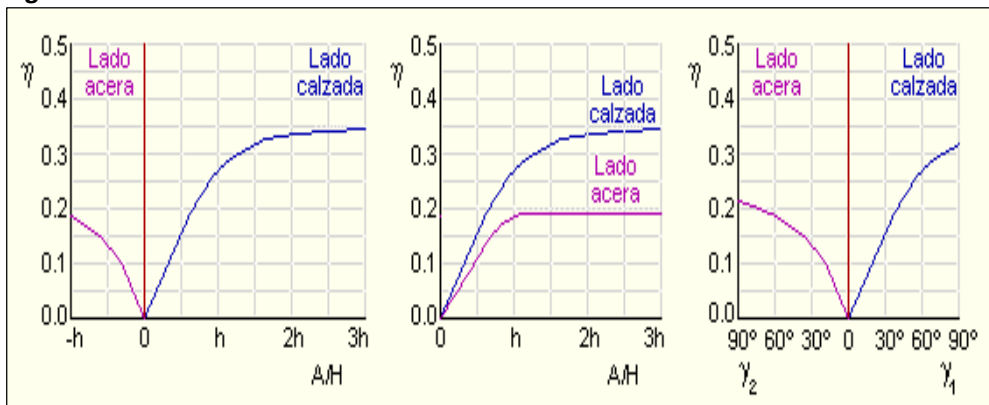
Donde:

$\Phi_{\text{útil}}$: es el flujo útil que llega a la vía [lm]

Φ_L : es el flujo que emite la lámpara [lm]

En la figura 4.1 se observa las curvas representativas que ofrecen los fabricantes de luminarias; las curvas se establecen en función de la anchura de la vía y la altura de montaje (A/H) o mediante los ángulos γ_1 , γ_2 , de la vía y la acera.

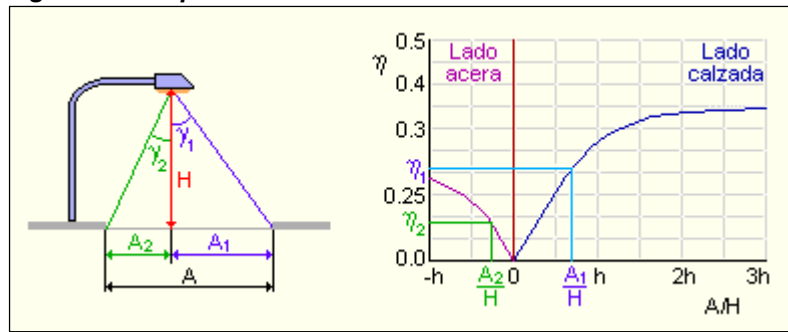
Figura 4. 1 Curvas del factor de utilización.



Fuente: (García, 2013)

Como se observa en las curvas, existen dos posibles valores para la acera y la vía, los cuales se representan en la figura 4.2. Para obtener el factor total de utilización de la sección transversal de la vía se deben sumar los coeficientes de la acera y la calzada.

Figura 4. 2 Representación de coeficientes.



Fuente: (García, 2013)

$$A = A_1 + A_2$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

Para calcular la separación (d) que debe existir entre las luminarias se utiliza la siguiente fórmula:

$$E_m = \frac{\eta \cdot f_m \cdot \Phi_L}{A \cdot d}$$

Donde:

E_m : es la iluminación media sobre la vía que se requiere [lx]

η : es el factor de iluminación [0-1.0]

f_m : es el factor de mantenimiento [0-1.0]

Φ_L : el flujo luminoso de la lámpara [lm]

A: la anchura de la vía que se pretende iluminar, que en una ubicación bilateral o pareada es la mitad (A/2) y (A) en ubicación tresbolillo o unilateral [metros]

- Método del flujo luminoso necesario

$$\Phi_T = \frac{E_{med} \cdot A \cdot D}{f_u \cdot f_c}$$

Φ_L : el flujo luminoso de la lámpara [lm]

E_m : es la iluminación media sobre la vía que se requiere [lx]

A: la anchura de la vía que se pretende iluminar [metros]

D: Distancia entre dos puntos de luz [metros]

f_u : Factor de utilización [0-1.0]

f_c : Factor de conservación [0-1.0]

E_m : Iluminancia media

- De acuerdo a valores recomendados por IES (USA)

Φ_L : Lúmenes del haz del proyector

- Flujo luminoso útil
- Lúmenes de la lámpara por la eficiencia
- Facilitado por el fabricante

C_u : Coeficiente de utilización del haz

- Relación entre los lúmenes que inciden en la superficie a iluminar y los lúmenes del haz
- Entre 0.6 y 0.9
- Cálculo: en diagrama de isocandelas, lúmenes dentro de área a iluminar

f_c : Factor de conservación de la instalación

- Entre 0.65 y 0.75
- Factores más bajos cuando la conservación no se realice en las debidas condiciones.

4.2 Iluminación sostenible en espacios exteriores

Mediante la iluminación sostenible se recurre a la luz cuando sea estrictamente necesario, esto implica decidir que es pertinente iluminar, el tiempo que se iluminará y los niveles de iluminación que deberán emplearse. Es por ello que se deben seguir ciertas directrices al momento de realizar un diseño de iluminación:

Dirigir el flujo luminoso hacia la superficie a iluminar, utilizando luminarias y ópticas que no emitan luz hacia el hemisferio superior y otras zonas no deseadas y que aseguren, a su vez, una uniformidad adecuada. En el caso de iluminación con proyectores, se utilizarán preferentemente asimétricos y con la orientación adecuada que evite la emisión de luz directa hacia el cielo.

Además de reducir la contaminación lumínica, el empleo de estas luminarias y proyectores correctamente orientados, posibilita la reducción de la potencia de las lámparas instaladas, pues se optimiza el envío de la luz hacia la zona que se desea iluminar, lo que redundará en un considerable ahorro energético y económico. Se debe iluminar con los niveles justos que

garanticen la seguridad en las zonas iluminadas durante la noche, puesto que niveles excesivos de luz redundan en mayor gasto energético y económico y en un incremento innecesario de la contaminación lumínica.

4.2.1 Ajustar tanto el horario y color adecuado

Existen espacios que a ciertas horas no requieren iluminación, tales como parques y jardines que se encuentran cerrados en horario nocturno. Así como tampoco es necesario que se encuentren encendidas publicidades luminosas de lugares que no brindan servicios nocturnos. Al realizar un ajuste en los horarios de encendido y apagado del alumbrado se logra un ahorro significativo. Con el fin de disminuir la contaminación lumínica y el consumo de energía eléctrica, se utilizan reguladores de flujo luminoso para reducir la cantidad de luz cuando la afluencia de personas es menor.

La elección del color de luz adecuado juega un papel importante en la iluminación, ya que los efectos nocivos que puede traer consigo la luz aumentan cuando se trata de luz blanca. La mayoría de los efectos nocivos de la luz se incrementan cuando ésta es blanca o de onda corta (azules), este tipo de luz se dispersa más en la atmosfera que la luz amarilla o roja y algunos seres vivos (personas e insectos) sufren de sensibilidad; es por ello que utilizar tonos cálidos para la iluminación disminuye los efectos causados en los seres vivos y la contaminación lumínica. En la figura 4.3 se puede observar las distintas temperaturas de color que existen en la iluminación LED.

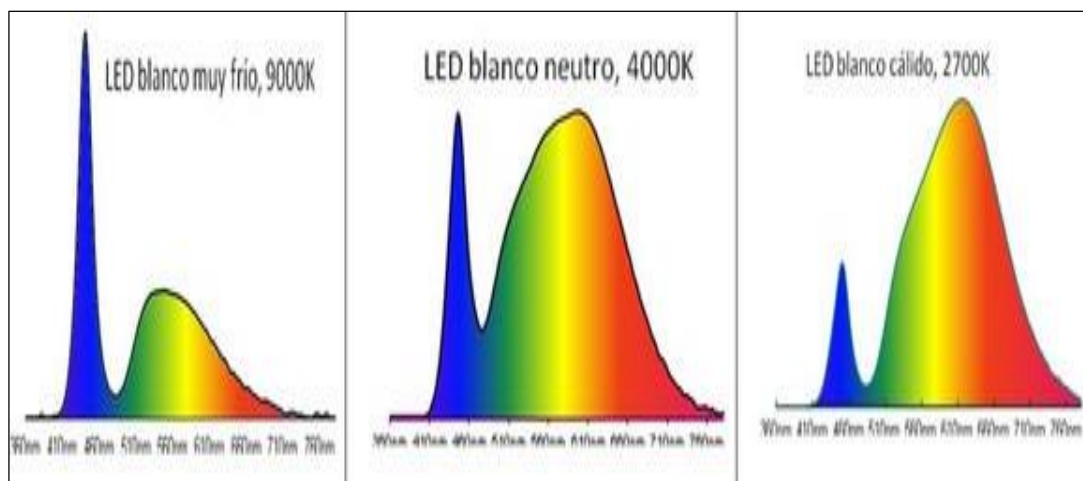


Figura 4. 3 Iluminación LED con distintas temperaturas de color
Fuente: (Consejería Medio Ambiente, 2007)

4.3 Requerimientos para la iluminación de espacios exteriores

Las zonas residenciales, comerciales, de estacionamiento y de afluencia de personas, deben ser iluminadas de acuerdo ciertos parámetros o requerimientos que aseguren el correcto funcionamiento, se debe considerar la seguridad que debe proporcionar, la uniformidad y limpieza en la luz. A más de esto, una buena iluminación mejora el confort visual, haciendo más acogedora y agradable la vida.

Dado que una quinta parte de la vida del hombre acontece en condiciones de iluminación artificial, es necesario que el diseño de iluminación comprenda los siguientes requerimientos:

- Proveer la cantidad de luz suficiente
- Eliminas todas las causas de puntos ciegos.
- Preveer la cantidad y tipo de luminarias de acuerdo a las necesidades, tomando en cuenta la eficiencia de las mismas.
- Utilizar fuentes luminosas apropiadas que permitan asegurar una correcta distribución de la reproducción cromática.

En la tabla 4.5 se presenta que según el tipo de área y actividad que se desarrolle en las mismas, tendrá un nivel mínimo iluminación que deberá tenerse en cuenta al momento de realizar el diseño. En esta tabla se indican los lugares y actividades más representativos y frecuentes, es decir que al tratarse de actividades que no sean frecuentes, al realizar el diseño se debe tomar el valor que concierna a la actividad de mayor similitud y en casos en donde se requiera de gran concentración visual, se debe tomar valores de iluminación superiores no concernientes a los datos mostrados en la tabla.

Tabla 4. 5 Niveles de iluminación recomendados

TIPO DE LOCAL	NIVEL MÍNIMO DE ILUMINACIÓN RECOMENDADO
Áreas de trabajo	300 luxes
Áreas de circulación (pasillos, corredores, etc.)	50 luxes
Escaleras, escaleras mecánicas	100 luxes
Áreas de parqueaderos cubiertos	30 luxes

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2013)

La iluminación correcta y adecuada de un espacio tiene muchos beneficios como la mejora visual del aspecto habitual de la zona iluminada, disminución del vandalismo y agresiones contra las personas y los bienes, además existirá un mayor nivel de seguridad en el lugar.

Una iluminación adecuada busca el confort de las personas, es por ello que el diseño no debe ocasionar grandes deslumbramientos, con el objetivo de que se guarde relación con el entorno, teniendo en cuenta las características cromáticas de acuerdo al lugar a iluminar, esto facilitará la orientación visual, lo cual es un proceso complicado que involucra:

- Expectativa
- Experiencia
- Memoria, especialmente memoria visual
- Afinidades personales (aumenta con el grado de familiaridad con el medio ambiente).

Ya que en las instalaciones de iluminación el tránsito peatonal es importante, existe una clasificación, la cual está recomendada CIE 115 en el diseño de instalaciones de iluminación de vías de tránsito peatonal, existen siete categorías, P1 a P7, como se muestra en la Tabla 4.6.

Tabla 4. 6 Clases de iluminación en áreas peatonales

Clases de iluminación para diferentes calles en áreas peatonales.	
Descripción de la vía de circulación	Clases de iluminación
Calles de gran importancia y prestigio	P1
Calles de uso nocturno intenso por peatones o ciclistas	P2
Calles de uso nocturno moderado por peatones o ciclistas	P3
Calles de uso nocturno escaso por peatones o ciclistas solamente asociado a las propiedades adyacentes	P4
Calles de uso nocturno escaso por peatones o ciclistas solamente asociado a las propiedades adyacentes. Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente.	P5
Calles de uso nocturno muy escaso por peatones o ciclistas solamente asociado a las propiedades adyacentes. Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente.	P6
Calles en las que sólo se requiere la guía visual proporcionada por la luz directa de las luminarias	P7

Fuente: (Sandoval, 2012)

En las áreas importantes es necesario un nivel de iluminación elevado con el objetivo de tener un ambiente estimulante y atractivo, es por ello que se utiliza la clase P1.

De acuerdo a las exigencias de tránsito peatonal establecido, se ordenarán las seis clases restantes, con la finalidad de mantener el carácter de ambiente pertinente a cada vía.

El uso de las clases P5, P6 y P7 es estrictamente en aquellos lugares en donde el riesgo de criminalidad y delitos sea bajo. En lugares donde el índice de delitos y crímenes en elevado se debe utilizar una clase que esté situada uno o 2 escalones por encima del que corresponde a esa área; estas condiciones son aplicadas en zonas en las cuales circulan ciclistas y demás vehículos no motorizados.

En la tabla 4.7 se muestran los valores luminosos recomendados por CIE para categorías establecidas en la tabla 4.6, con la finalidad de evitar puntos ciegos en el diseño de iluminación.

Tabla 4. 7Requerimientos de iluminación en áreas de tránsito peatonal

Requerimientos de iluminación en áreas de tránsito peatonal		
Clase de Iluminación	Iluminancia Horizontal (lx) sobre la totalidad de la superficie empleada. Mantenido.	
	Valor Promedio	Valor Mínimo
P1	20	7.5
P2	10	3
P3	7.5	1.5
P4	5	1
P5	3	0.6
P6	1.5	0.2
P7	No se aplica a esta Clase	No se aplica a esta Clase

Fuente: (Sandoval, 2012)

4.4 Iluminación solar LED

La innovación tecnológica respecto a luminarias ha dado como resultado las luminarias led solares, mediante las cuales se busca ahorro y eficiencia energética además de disminuir el impacto ambiental. Este tipo de luminarias está compuesto por una lámpara LED, un panel solar y un batería recargable, lo que les permite ser autónomas, tal como se muestra en la figura 4.4.



Figura 4. 4 Partes de una luminaria solar LED.
Fuente: (Colpilas, 2015)

Las luminarias solares de LED's presentan un ahorro significativo en diversas áreas como:

- Ahorro por tendido electrico convencional.
- Ahorro en la canalizacion para tubos y cables.
- Ahorro por reemplazo de focos.
- Ahorro por reparaciones en vías.

Las lámparas LED tienen un rendimiento de acuerdo a la intensidad de trabajo, pueden ir desde los 150 lm/w y alcanzar los 250 lm/w, es por ello que las posibles aplicaciones en las cuales pueden utilizarse han aumentado. Las luminarias LED son capaces de producir luz de alta intensidad por medio de la difusión de frecuencias, es por ello que son idóneas para los sistemas actuales. Además, al ser luminarias solares, su eficiencia aumenta a un 90% y una vida útil de 30000 horas.

Para lograr los niveles de iluminación adecuados se debe controlar la amplitud de flujo luminoso y el ciclo de trabajo, de esta manera se obtendrá la máxima eficiencia de la luminaria.

4.4.1 Componentes de una luminaria LED solar

- Luminaria: Lámpara led que emite un flujo luminoso de cerca de 2560 lm de acuerdo a las marcas, normalmente la carcasa es de una aleacion de aluminio con un difusor de cristal termo convexo. Su voltaje de operación es de 12 volts.

- Módulo solar fotovoltaico: De acuerdo al fabricante, estos suelen ser de celdas monocristalinas, cubierto por vidrio templado y bajo nivel de hierro; el módulo es de 140 wttts.
- Batería: Se utiliza baterías de aplicaciones fotovoltaicas para tener un ciclado frecuente; las baterías apropiadas son de ciclo profundo de 250 A.h y 12 volts.
- Controlador de carga: Calcula el estado de carga de de la batería con la finalidad de brindar la máxima potencia de entrada de los módulos fotovoltaicos. Estos controladores tienen una capacidad de 12 vcd y 10A.

4.5 Alumbrado público en Ecuador

El Ecuador se presenta como un país en avance hacia la eficiencia energética en iluminación en espacios públicos, por lo que se debe realizar una inversión económica de gran cuantía para que así a través de luminarias de últimas tecnologías que brindan mayor eficiencia en el mercado actual llegar hacia la categoría de mayor eficacia.

Un 6% del consumo eléctrico del Ecuador corresponde a alumbrado público, categorizándose de la siguiente manera:

- Alumbrado público general (iluminación de vías)
- Alumbrado público ornamental (iluminación de parques, plazas, iglesias, monumentos, etc.)
- Alumbrado público intervenido

En la regulación No. CONELEC 005/14, se puntualizan los medios económicos, técnicos y financieros que siguen las empresas distribuidoras de energía eléctrica para prestar el servicio de iluminación en espacios públicos de manera eficiente y a bajo costo.

En la tabla 4.8 que se muestra a continuación, se explica el consumo eléctrico de la iluminación pública con relación a la demanda, energía, facturación y luminarias; teniendo que la demanda asciende a 189MW y los costos por facturación a \$120.670.000.

Tabla 4. 8 Consumo eléctrico de iluminación pública en Ecuador

ITEM	CANTIDAD	PORCENTAJE
Demanda	189 MW	5,68%
Energía	963,72 GW h	4,95%
Facturación	120.670.000 USD	-
Luminarias	1.232.602	100%

Fuente: (Chamba, 2015)

En la tabla 4.9 se muestran los tipos de tecnologías que se usan para el alumbrado público en los cuales se hace una estimación de las cantidades, las cuales son usadas en el Ecuador.

Tabla 4. 9 Alumbrado público por tipo de tecnología en Ecuador

TIPO	CANTIDAD
Fluorescente	3.552
Vapor de mercurio	85.725
Presión de Sodio	1.088.817
Reflectores	37.600
Semáforos	6.660
LED	4.347
Otras	5.901
Total	1.232.602

Fuente: (Chamba, 2015)

CAPÍTULO 5

NORMATIVAS DE ALUMBRADO PARA EXTERIORES

5.1 Normas de seguridad o eficiencia energética para iluminación LED America y Europa.

Un conjunto de normas para el sistema de iluminación LED contienen regulaciones técnicas, que tienen que cumplir todos sus elementos en forma individual o en grupo como módulos LED, Pastillas LED, lámparas LED, etc.

Pueden ser normas en función de su objeto:

- Desempeño.
- Eficiencia energética.
- Seguridad.

Cumpliendo las normas de eficiencia y seguridad energética para tecnología LED, módulos LED, pastillas LED, lámparas LED, se emplean certificados por un organismo acreditados.



Figura 5. 1 Normas y especificaciones a nivel mundial para los sistemas a nivel mundial.
Elaborado por: El autor.

Se enumeran las principales normas de eficiencia y seguridad energética que existen en Estados Unidos, Canadá, México y Europa, considerando en la actualidad en las instalaciones de iluminación LED.

Tabla 5. 1 Normas y Requisitos técnicos de una luminaria LED.

ESPECIFICACIONES	TIPO	DESCRIPCIÓN	CUMPLIMIENTO
ESP-4139-2014.SELLO FIDE (MEXICO)		Requisitos técnicos para luminarios con LEDs con controlador LED incluido para vialidades y áreas peatonales.	• Características eléctricas, fotométricas y radiométricas.
ESP- 4171-2014. Sello FIDE (México).		Requisitos técnicos para luminarios con controlador LED incluido y lámparas con LEDs con controlador LED integrado, de flujo luminoso direccional y omnidireccional para uso interior.	• Características eléctricas, fotométricas y radiométricas.
SSL- V 1.3 -2012 (Estados Unidos).		Requisitos técnicos para productos de estado sólido para uso interior y exterior.	• Características de eficiencia energética, eléctricas y radiométricas.
SSL- V 1.4 -2014 (Estados Unidos).		Requisitos técnicos para lámparas con LEDs con controlador LED integrado, de flujo luminoso direccional y omnidireccional.	• Características de eficiencia energética, eléctricas y radiométricas.
IES LM-79-08 (Estados Unidos).		Requisitos técnicos de parámetros fotométricos y eléctricos a productos de iluminación de estado sólido. Incluye Led y luminarias con controlador Led incluido.	• Flujo luminoso total • Distribución de la intensidad luminosa. • Consumo. • Eficacia luminosa (calculada) • Características cromáticas (temperatura e índice de rendimiento de color).
IES LM-80-08 (Estados Unidos).		Requisitos técnicos de parámetros eléctricos y fotométricos de módulos y lámparas con LEDs en función de la temperatura. Incluye lámparas con LEDs, módulos con LEDs con o sin controlador LED integrado y excluye luminarios con LEDs con controlador LED incluido.	• Características eléctricas y fotométricas en función de parámetros térmicos.
IES LM-84-14 (Estados Unidos).		Requisitos técnicos de parámetros de mantenimiento de color y flujo luminoso. Incluye luminarios con LEDs con controlador LED incluido, módulos con LEDs con o sin controlador LED integrado y lámparas con LEDs con controlador LED integrado.	• Características fotométricas y mantenimiento de flujo luminoso y color.
IES LM-85-14 (Estados Unidos)		Requisitos técnicos de parámetros fotométricos de LEDs de alta potencia. Incluye LEDs y módulos con LEDs con o sin controlador LED integrado, excluye luminarios con LEDs con controlador LED incluido.	• Características fotométricas y eléctricas.
IES LM-86-15 (Estados Unidos).		Requisitos técnicos de parámetros de mantenimiento de color y flujo luminoso de componentes de fosforo remoto. Incluye solo módulos con LEDs con controlador LED integrado o incluido, con deposición de fosforo en forma remota.	• Características radiométricas y fotométricas.
TM-21-11 (Estados Unidos).		Requisitos técnicos para estimar la proyección a largo tiempo del flujo luminoso mantenido en fuentes luminosas con LEDs en base a la LM-80. Incluye LEDs, módulos con LEDs con o sin controlador LED integrado, excluye luminarios con LEDs con controlador LED incluido.	Proyección a largo tiempo del flujo luminoso mantenido (L-70) de acuerdo con la LM-80.
TM-28-14 (Estados Unidos).		Requisitos técnicos para estimar la proyección a largo tiempo del flujo luminoso mantenido. Incluye lámparas con LEDs con controlador LED integrado y luminarios con LEDs con controlador LED incluido.	• Proyección a largo tiempo del flujo luminoso mantenido.
CIE 127-2007 (Europa).		Requisitos técnicos de parámetros fotométricos y radiométricos. Incluye LEDs y excluye lámparas con LEDs con controlador LED integrado y luminarios con LEDs con controlador LED incluido.	• Características de fotométricas y radiométricas.
CIE 177-2007 (Europa).		Incluye LEDs, módulos con LEDs con o sin controlador LED integrado, lámparas con LEDs con controlador LED integrado y luminarios con LEDs con controlador LED incluido.	• Características cromáticas.

Elaborado por: El autor.

5.2 Normativa nacional de alumbrado

NEC- 10 Energía Renovable: Esta norma tiene como objetivo instaurar las especificaciones y características técnicas respectivas que deben poseer los sistemas fotovoltaicos utilizados en la generación eléctrica y los servicios que deben facilitar las empresas distribuidoras de manera que garanticen la durabilidad y seguridad de cada uno de los componentes del sistema que se prevea instalar. A más de esto, esta norma incluye los sistemas fotovoltaicos que se encuentran aislados de la red sin importar su potencia, de acuerdo a su aplicación.

Mediante esta norma se pretende promover y estandarizar la fabricación, instalación y utilización de SFV, de manera que se conviertan en una fuente alternativa de energía que ayude con la reducción del consumo de combustibles de origen fósil y las emisiones de CO₂ al ambiente. También, esta norma es una guía de diseño, ejecución de tareas asociadas con el funcionamiento y sostenibilidad de SFV.

NEC Capítulo 15: Instalaciones electromecánicas: El objetivo de esta norma es establecer las condiciones mínimas de seguridad que se deben efectuar al momento de realizar una instalación de bajo voltaje, para así guardar la integridad física de las personas que las maniobran o las utilizan, ampliar la vida útil de los equipos y en el medio en el que se encuentran.

En esta norma se encuentran las exigencias de seguridad y su cumplimiento, además de las directrices para un mantenimiento adecuado el cual avale que la instalación se encuentra libre de riesgos, a pesar de que ello no garantice la eficiencia, flexibilidad y facilidad de ampliación de la misma.

Lo dispuesto en esta norma deberá ser aplicado al diseño, construcción y mantenimiento de instalaciones de voltaje inferior a 600 v, a más de ello serán empleadas en edificaciones residenciales y comerciales, públicas y privadas.

NEC Capítulo 14: Proyectos con energías renovables: Estas normas de referencia son dictadas por el NEC en su capítulo 14 y deben ser aplicadas a

todo tipo de proyectos. Específicamente para proyectos que apliquen energías renovables, donde se describen cada uno de los componentes presentes en sistemas de generación fotovoltaico, además del estándar que los rige. Normativas internacionales de alumbrado

5.3 Normativa y especificaciones para los proyectos de iluminación LED

ANSI C78.377-2008: Con el aval del American National Standard Institute o mayormente conocida como ANSI en su regulación C78.377-2008, es una norma de desempeño y regulaciones técnicas para LEDs, lámparas con LEDs con controlador LED integrado y luminarios LED con controlador LED incluido para uso interior, exterior y de alumbrado público, la cual regula las características de cromaticidad de luminarias con tecnología LED.

ANSI C136-37-2011: Avalada por American National Standard Institute, es una norma que estable las regulaciones técnicas a tomarse en cuenta al usar luminarias LED con controlador LED incluido, ya sea para uso exterior o de alumbrado público. Además de incluir requisitos de temperatura para el correcto funcionamiento, las protecciones necesarias y establece el protocolo de las formas de onda existentes en las pruebas de sobretensión.

IES LM-79-08: Norma avalada por Illuminating Engineering Society. Esta norma señala los requisitos técnicos a seguir en parámetros fotométricos y eléctricos en iluminación LED. Regula el flujo luminoso total, la distribución adecuada de la intensidad luminosa, el consumo, así como características de cromaticidad de las luminarias LED.

IEC-60598-1: 2014: Norma avalada por International Electrotechnical Commission. Se refiere a una norma de seguridad y regulación técnica para luminarias con LEDs con controlador LED incluido para uso interior, exterior y de alumbrado público, regula las características eléctricas y mecánicas de las mismas.

NEMA SSL3 – 2010: Norma avalada por National Electrical Manufactures Association. Esta norma se encarga de regular el desempeño y dispone las regulaciones técnicas para LEDs blancos de alta potencia luminosa de uso general. Además, regula el cumplimiento de las características de rango de binning o variaciones que puedan existir en el color por variaciones en la temperatura.

A continuación, se presenta en la tabla 5.2 se describe cada componente de acuerdo a la norma o estándar vigente, y el estado en el que se encuentra según el NEC-capítulo14.

Tabla 5. 2 Estándar para componentes de sistemas fotovoltaicos

Componente		Estándar	Descripción	Estado
Módulos FV		IEC 61215	Módulos FV de silicio cristalino para uso terrestre- cualificación del diseño y homologación. Para los módulos de capa delgada se aplicarán al menos los procedimientos de certificación IEC-61646, SERI/TR-213-3624.	Ed.2. 2005 Esp
Batería solar		IEC 61427	Acumuladores para sistemas de conversión fotovoltaicos de energía.	Ed. 2005
Controlador de carga		IEC 62093 UL 1741	Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.	Ed.1. 2005 Esp
Inversor DC/AC		IEC 61683 UL 1741	Sistemas fotovoltaicos- Acondicionadores de potencia- Procedimiento para la medida del rendimiento.	Ed. 1. 1999 Esp
Luminarias DC		IEC 60925	Balastos electrónicos alimentados en corriente continua para lámparas fluorescentes tubulares. Sección uno: prescripciones de funcionamiento.	Ed.1.2. 2005 Esp
Cables			NEC 2008 UL type PV, UL 4703, USE-2, UNE 21123, UNE 20.460-5-52, UTE C 32-502. IEC 60811	
Sistema FV		IEC 60904	Dispositivos fotovoltaicos Parte 1: Medida de las características corriente y voltaje de dispositivos fotovoltaicos.	Ed 2. 2006 Esp
		IEC 61173	Protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos (FV) productores de energía, Guía.	Ed 1. 1992 Esp
		IEC 61194	Parámetros características de los sistemas fotovoltaicos (FV) autónomos.	Ed 1. 1992 Esp
		IEC 61829	Campos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino- Medida en el sitio de características I-V	Ed 1. 1995 Bil
		IEC 61836	Solar photovoltaic energy systems- Terms, definitions and symbols.	
		IEC 62124	Equipos fotovoltaicos (FV) autónomos. Verificación de diseño	Ed 1. 2004 Esp

Elaborado por: El autor.

PARTE II APORTACIONES

CAPÍTULO 6

DIAGNÓSTICO DEL ALUMBRADO EXTERIOR DE LA FETD

6.1 Identificación del proyecto

Este proyecto de alumbrado de exteriores se sitúa específicamente, en el área de parqueos la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, para lo cual se tomarán en cuenta los datos de la situación actual de la zona, respecto de su iluminación para de esta manera asegurar mejoras tanto en el rendimiento lumínico, como energético, mediante los cálculos teóricos, de software y prácticos mediante la implementación de un prototipo.

- Ubicación

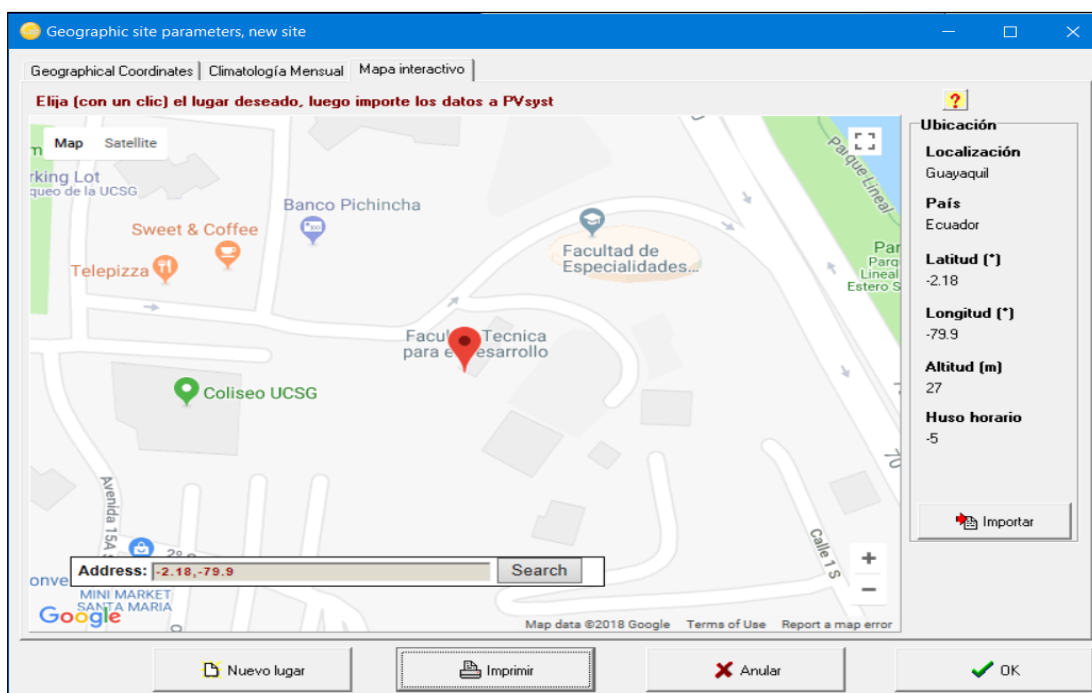


Figura 6. 1 Ubicación de la FETD de la UCSG

Elaborado por: El autor.

El diagnóstico de la iluminación del proyecto tuvo lugar en el área social y los alrededores de la Facultad Técnica para el Desarrollo, y para este estudio se hizo uso de los planos de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, donde es posible apreciar desde una perspectiva amplia y

Tabla 6. 1 Descripción de las luminarias existentes en la FETD

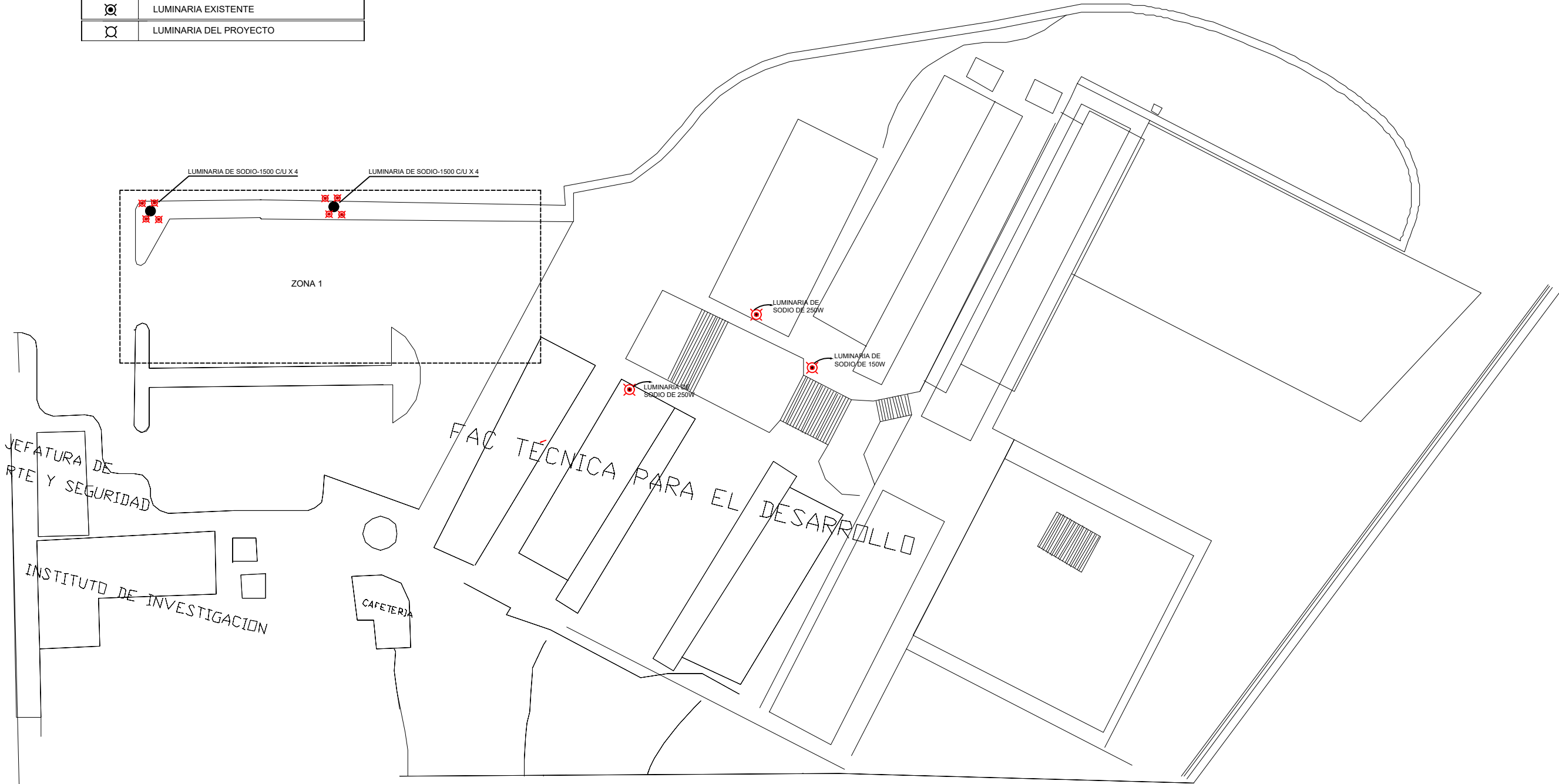
Luminaria	Arreglos	Potencia	Ubicación	Imagen
Proyector halógeno	2 arreglos de 4 luminarias.	1500W	Parqueadero FETD	
Reflector de sodio	2 luminarias	150W	Área social	

Elaborado por: El autor.

Plano.1 Descripción del diseño del sistema actual de iluminación de la UCSG.

SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA

●	POSTE DE CONCRETO EXISTENTE
⊙	POSTE METÁLICO EXISTENTE
⊗	POSTE METÁLICO DEL PROYECTO
⊗	LUMINARIA EXISTENTE
⊗	LUMINARIA DEL PROYECTO



INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA LUMINARIA	
DESCRIPCIÓN	DATOS
POTENCIA (WATTS)	1500W
TIPO	SODIO
TEM. COLOR	2700K
FLUJO LUMÍNICO	32000 LM
FRECUENCIA	50-60 HZ
VIDA ÚTIL	3200 HORAS
CERTIFICADOS	CE, ROHS, UL
EFICIENCIA LUMÍNICA	0,90%
MATERIAL COMPUESTO	METAL
ANGULO DE ENFOQUE	150°-180°

INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA LUMINARIA	
DESCRIPCIÓN	DATOS
POTENCIA (WATTS)	250W
TIPO	SODIO
TEM. COLOR	2700K
FLUJO LUMÍNICO	32000 LM
FRECUENCIA	50-60 HZ
VIDA ÚTIL	3200 HORAS
CERTIFICADOS	CE, ROHS, UL
EFICIENCIA LUMÍNICA	0,90%
MATERIAL COMPUESTO	METAL
ANGULO DE ENFOQUE	120°-150°

INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA LUMINARIA	
DESCRIPCIÓN	DATOS
POTENCIA (WATTS)	150W
TIPO	SODIO
TEM. COLOR	2700K
FLUJO LUMINICO	16500 LM
FRECUENCIA	50-60 HZ
VIDA ÚTIL	3200 HORAS
CERTIFICADOS	CE, ROHS, UL
EFICIENCIA LUMÍNICA	0,90%
MATERIAL COMPUESTO	METAL
ANGULO DE ENFOQUE	120°-150°



Universidad Católica
de Santiago de Guayaquil

PROYECTO:

ILUMINACIÓN EXTERIORES DE FETD

UBICACIÓN:

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CONTENIDO:

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL
SISTEMA DE ILUMINACIÓN AUTÓNOMO

ACTUALIZACIÓN 2018:

JUAN VILLACIS

NOTAS:

- EN LA SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA SE ESPECIFICA A QUE CORRESPONDE EL ELEMENTO PRESENTE EN EL DISEÑO.

CAPÍTULO 7

DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN AUTÓNOMO

7.1 Selección de la luminaria

Dado que el presente proyecto se centra en el uso de energía fotovoltaica para alimentación de las luminarias, es de suma importancia garantizar la autonomía del sistema, considerando el consumo de la luminaria en función del almacenamiento de la energía, sin dejar de lado la calidad de la iluminación, por ello se consideró la tecnología LED, diseñada para iluminar espacios públicos, tales como áreas sociales y parqueaderos a la intemperie, misma que ofrece las siguientes características, descritas en la tabla 7.1:

Tabla 7. 1 Especificaciones técnicas de la luminaria seleccionada

Especificaciones técnicas	
Potencia (Watts)	120W
Voltaje (Voltaje)	12V
Temperatura del color (K)	3000 B/C -6000 B
Tipo de LED	COBRA
Flujo lumínico (lm)	6000lm-8205lm
Eficiencia (%)	95%
Ángulo de enfoque (°)	120°

Elaborado por: El autor.

Para verificar la incidencia lumínica de la luminaria se analiza la curva fotométrica, la cual indica el ángulo de trabajo de la luminaria y el flujo lumínico la cual se observa en la figura 7.1, donde la curva de color rojo indica el ángulo de apertura de la luminaria y en azul, indica el flujo lumínico con su respectivo ángulo, el cual viene graduado de fábrica a 30°.

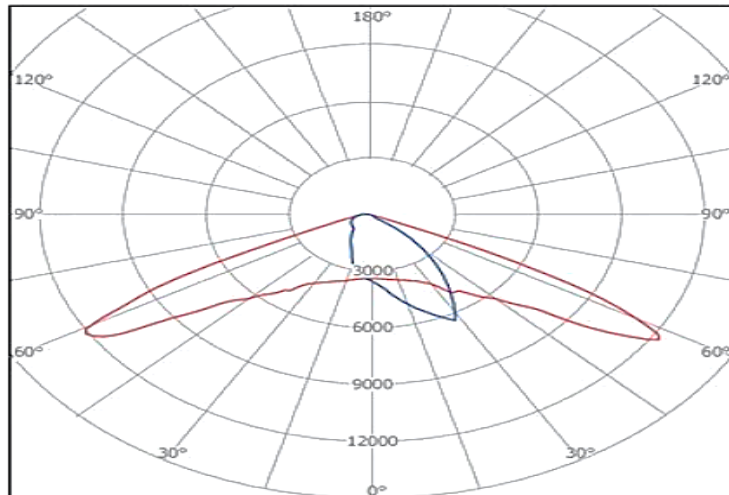


Figura 7. 1 Curva fotométrica de la luminaria del proyecto
Elaborado por: El autor.

7.2 Descripción del funcionamiento

El diseño del sistema de iluminación autónomo se basa en la conexión de componentes existentes en el mercado, tales como luminarias LED, controlador de carga, baterías, y panel fotovoltaico, además de soportes para el montaje del mismo. El sistema puede satisfacer, en condiciones medias de insolación, el consumo diario de la lámpara durante toda la noche, en condiciones de buena insolación, en la figura 7.2 se muestra el diagrama unifilar del proyecto de iluminación:

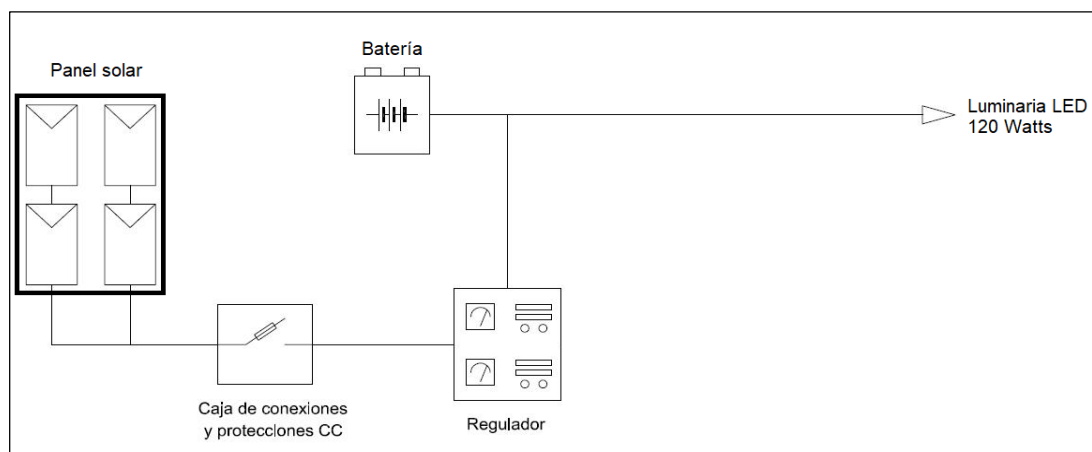


Figura 7. 2 Diagrama unifilar del sistema autónomo
Elaborado por: El autor.

Configuración: El sistema consiste en 4 partes principales: módulos solares, luminaria, poste y gabinete. En el gabinete del equipo se encuentran el control de carga solar, y el banco de baterías. Posee una luminaria solar de

alto desempeño, con lámpara de 60 Watts cada uno, con 2 baterías de tipo plomo-ácido, en un arreglo con capacidad total nominal de 200 a 230 Ah.

Bancos de Baterías: Consiste en 2 baterías selladas de 12 V, 115 Ah cada una, tipo plomo-ácido, libres de mantenimiento. Las baterías se conectan en paralelo y el resultado final es un banco con una capacidad nominal de 230Ah al régimen de descarga de 100 horas. La capacidad es suficiente para dar un respaldo de 2 días de nublados consecutivos a la demanda de la lámpara.

Control de Carga: El control de carga protege al banco de baterías de operar fuera de sus condiciones normales de diseño (descarga o sobrecarga excesivas) así como controlar el encendido y apagado de la lámpara; se trata pues del centro operativo del equipo fotovoltaico. El controlador efectúa las siguientes funciones: *Carga de baterías en tres etapas mediante la técnica PWM: corriente plena, llenado y flotación.

Carga diurna: En el amanecer el voltaje que genera el arreglo fotovoltaico se eleva desde cero hasta el punto en que excede el voltaje de las baterías, y se inicia el flujo de la corriente solar de los módulos fotovoltaicos al sistema.

Operación nocturna: Conforme la insolación disminuye llegará un momento que el controlador detecte la ausencia de luz solar y activa la lámpara. En el ocaso, cuando el voltaje del arreglo solar es inferior al voltaje de las baterías, los controles apagan sus componentes de potencia evitando de esta manera que el banco de baterías se descargue a través del arreglo solar en la noche (los módulos solares se convierten en una carga eléctrica cuando no hay insolación). Durante la noche, la lámpara se alimenta directamente del banco de baterías ya que no existe generación solar y por lo tanto se descargan, aproximadamente un 12% al finalizar la noche. Al siguiente día la operación descrita se repite y el arreglo solar recarga al banco de baterías de la descarga de la noche anterior (véase figura 7.3).

Días nublados: En esta condición, la corriente que entregan los módulos solares es muy pequeña, 10 a 20 % de la corriente máxima (por lo que no

pueden reponer la descarga del banco de la noche anterior y el banco de baterías paulatinamente se descarga. El sistema está diseñado para soportar un periodo de 2 días consecutivos a cero insolaciones. Conforme las baterías terminan de recargarse los pulsos se irán haciendo más cortos. Finalmente, el control cambia a un estado de flotación disminuyendo a un voltaje de aproximadamente 13.7V (véase figura 7.3).

Operación nocturna: Conforme la insolación disminuye llegará un momento que el controlador detecte la ausencia de luz solar y activa la lámpara. En el ocaso, cuando el voltaje del arreglo solar es inferior al voltaje de las baterías, los controles apagan sus componentes de potencia evitando de esta manera que el banco de baterías se descargue a través del arreglo solar en la noche (los módulos solares se convierten en una carga eléctrica cuando no hay insolación). Durante la noche, la lámpara se alimenta directamente del banco de baterías ya que no existe generación solar y por lo tanto se descargan, aproximadamente un 12% al finalizar la noche. Al siguiente día la operación descrita se repite y el arreglo solar recarga al banco de baterías de la descarga de la noche anterior (véase figura 7.3).

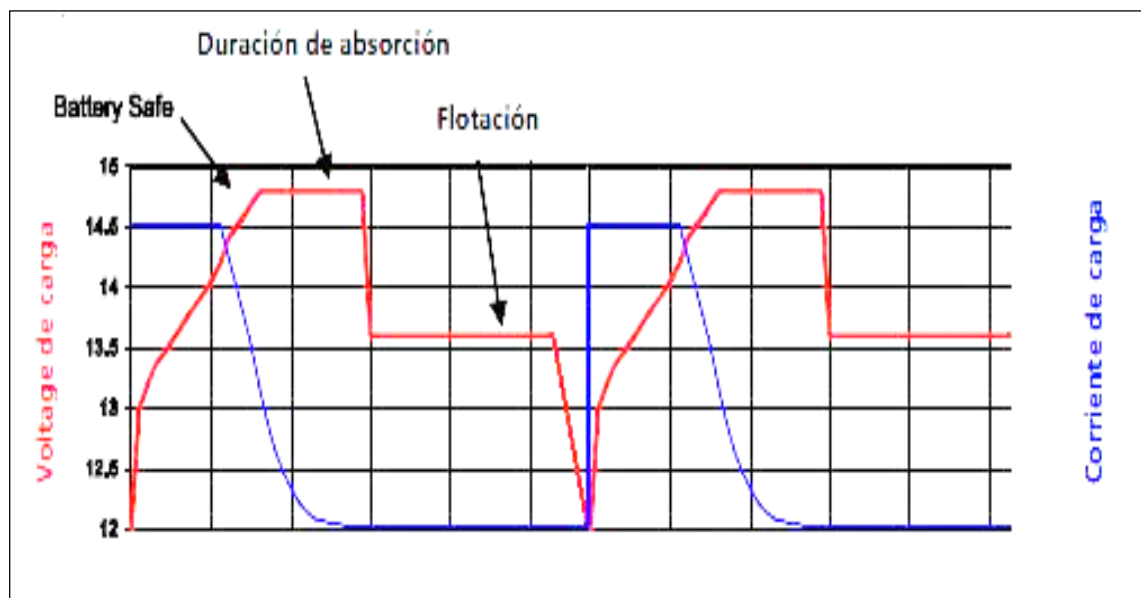
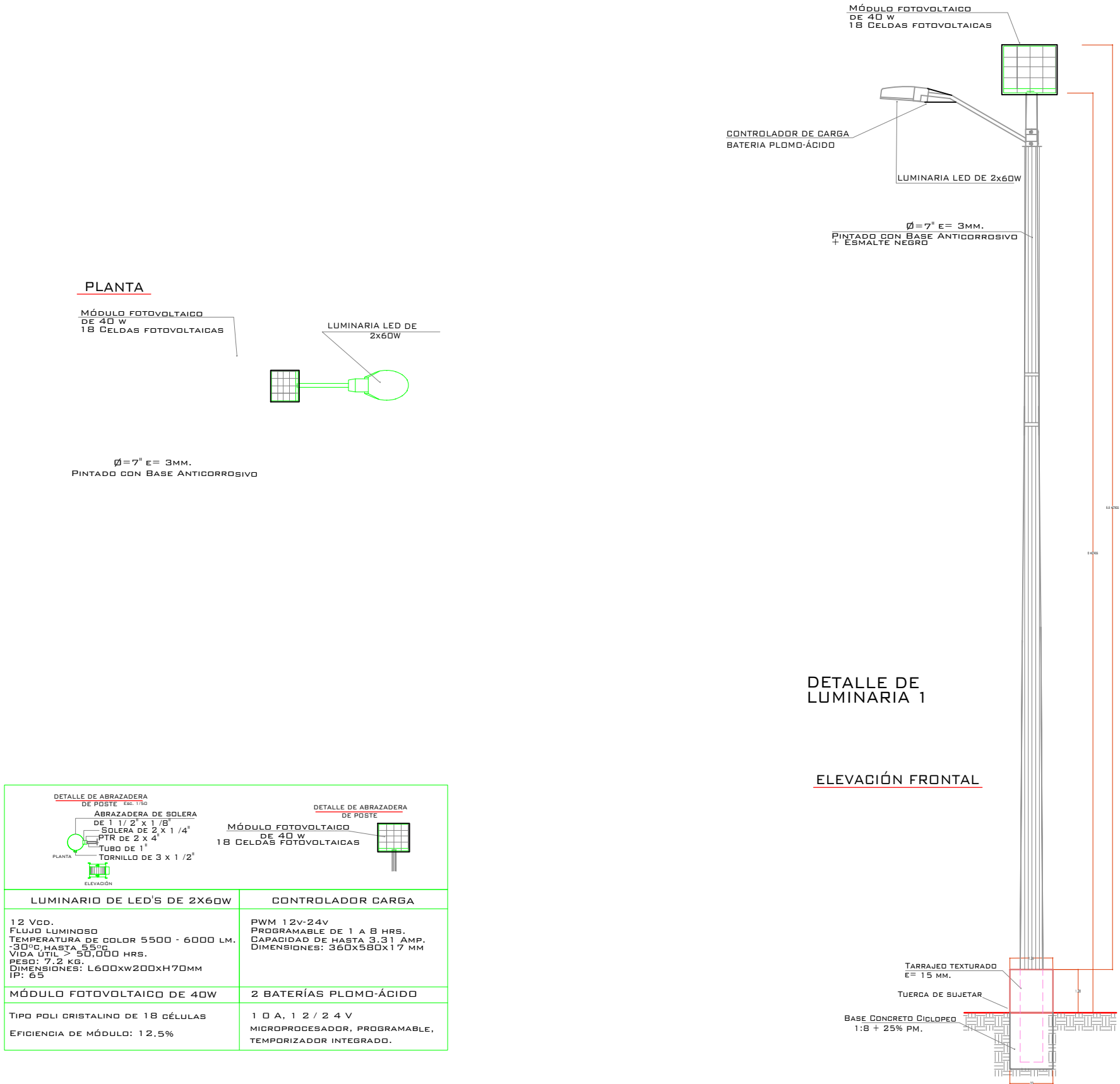


Figura 7. 3 Régimen de descarga de las baterías
Elaborado por: El autor.

A continuación, se presentan los planos con la descripción gráfica del sistema, realizado en el software AutoCAD:

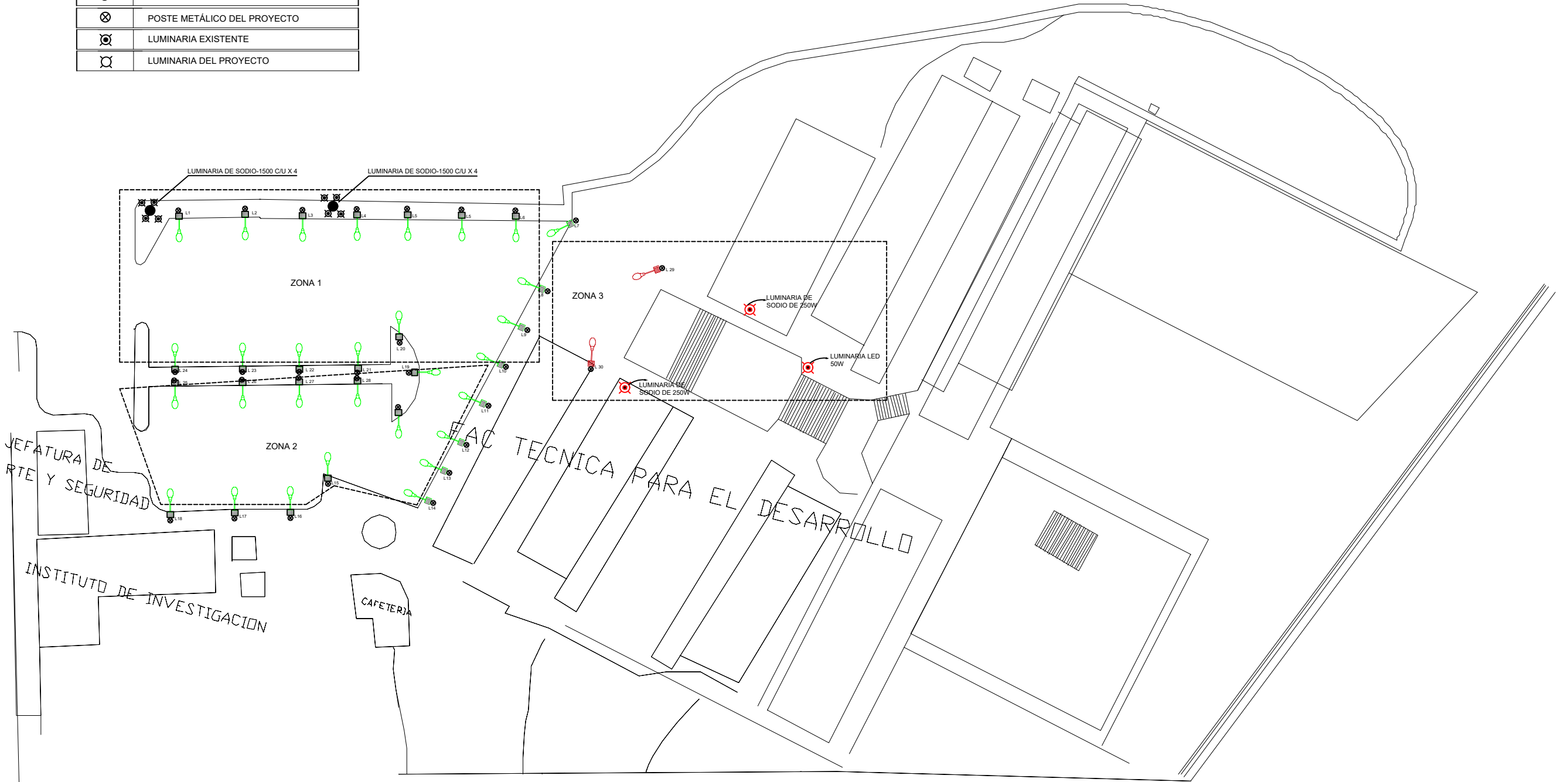
Plano 2. Descripción de la luminaria led autónoma.



Plano. 3 Propuesta de implementación del sistema de iluminación autónomo.

SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA

	SISTEMA DE ILUMINACIÓN AUTÓNOMO
	POSTE DE CONCRETO EXISTENTE
	POSTE METÁLICO EXISTENTE
	POSTE METÁLICO DEL PROYECTO
	LUMINARIA EXISTENTE
	LUMINARIA DEL PROYECTO



INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA LUMINARIA	
DESCRIPCIÓN	DATOS
POTENCIA (WATTS)	120W
TIPO DE LED	COB LED
TEMP. COLOR	3000 B/C- 6000 B
FLUJO LUMÍNICO	5150lm-8205lm
FRECUENCIA	50-60 Hz
VIDA ÚTIL	50.000 Horas
CERTIFICADOS	CE, Rohs, UL
EFICIENCIA LUMÍNICA	95%
MATERIAL COMPUESTO	ALUMINIO
ÁNGULO DE ENFOQUE	120°

INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA LUMINARIA	
DESCRIPCIÓN	DATOS
POTENCIA (WATTS)	250W
TIPO	SODIO
TEM. COLOR	2700K
FLUJO LUMÍNICO	32000 LM
FRECUENCIA	50-60 HZ
VIDA ÚTIL	3200 HORAS
CERTIFICADOS	CE, ROHS, UL
EFICIENCIA LUMÍNICA	0,90%
MATERIAL COMPUESTO	METAL
ÁNGULO DE ENFOQUE	120°-150°

INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA LUMINARIA	
DESCRIPCIÓN	DATOS
POTENCIA (WATTS)	150W
TIPO	SODIO
TEM. COLOR	2700K
FLUJO LUMÍNICO	16500 LM
FRECUENCIA	50-60 HZ
VIDA ÚTIL	3200 HORAS
CERTIFICADOS	CE, ROHS, UL
EFICIENCIA LUMÍNICA	0,90%
MATERIAL COMPUESTO	METAL
ÁNGULO DE ENFOQUE	120°-150°

INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA LUMINARIA	
DESCRIPCIÓN	DATOS
POTENCIA (WATTS)	1500W
TIPO	SODIO
TEM. COLOR	2700K
FLUJO LUMÍNICO	32000 LM
FRECUENCIA	50-60 HZ
VIDA ÚTIL	3200 HORAS
CERTIFICADOS	CE, ROHS, UL
EFICIENCIA LUMÍNICA	0,90%
MATERIAL COMPUESTO	METAL
ÁNGULO DE ENFOQUE	150°-180°



Universidad Católica
de Santiago de Guayaquil

PROYECTO:

ILUMINACIÓN DE LOS EXTERIORES DE LA FETD

UBICACIÓN:

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CONTENIDO:

DISEÑO DE PROYECTO DE ILUMINACIÓN
AUTÓNOMO

ACTUALIZACIÓN 2018:

JUAN VILLACIS

NOTAS:

- EN LA SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA SE DESCRIBE CADA ELEMENTO PRESENTE EN EL DISEÑO PROPUESTO.

7.3 Simulación del sistema de iluminación autónomo

La simulación del diseño realizada en AutoCAD se realizó en el software Dialux el cual sirve como soporte para el cálculo de la iluminación mediante modelado tridimensional, mismo que se toma a partir de un archivo de plano en 2D, que facilita la extrusión y de esta manera realizar el emplazamiento de las luminarias.

Como primer paso para efectuar la simulación de la iluminación para los exteriores de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG, importa el plano en 2D, hecho en formato de AutoCAD como se muestra en la figura 7.4.

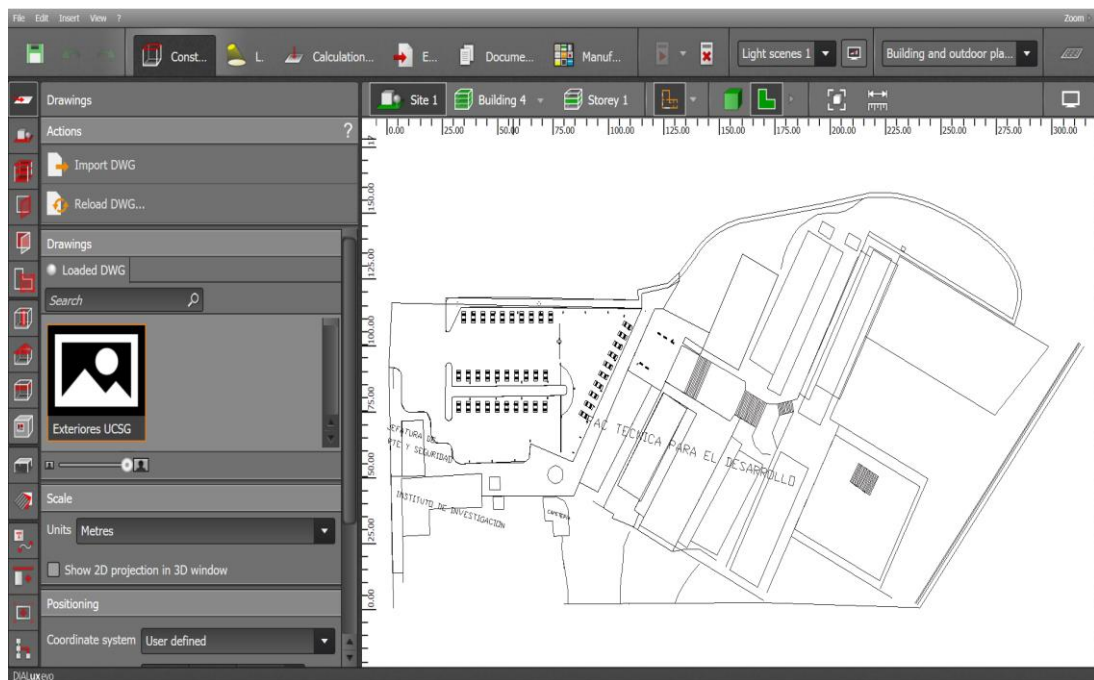


Figura 7. 4 Importación del plano 2D al software Dialux
Elaborado por: El autor

Acto seguido se procede a la extrusión mediante las herramientas de construcción que se encuentran en la barra de tareas de Dialux, seleccionando “nueva construcción”, donde se precede a dibujar en el plano cada una de las partes a renderizar, como por el ejemplo la capa asfáltica, y las veredas. Además de los predios que inciden en el diseño, como lo es el área denominada por la comunidad estudiantil como “la terraza”, el área de secretaría, y parte de los laboratorios de control y también de veterinaria (véase figura 7.5).

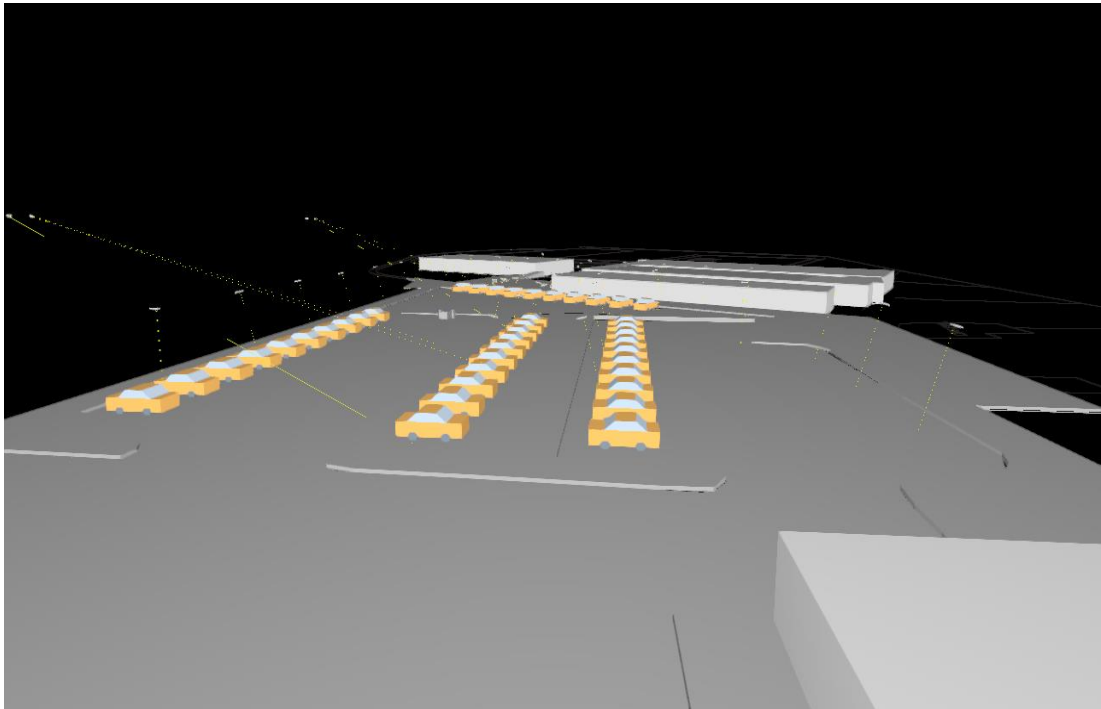


Figura 7. 5 Extrusión del plano de 2D a 3D con Dialux
Elaborado por: El autor.

Una vez realizada la extrusión, se procede a realizar el emplazamiento de las luminarias tal como se planteó en el capítulo anterior, utilizando las opciones de luminarias, y dibujando a la altura especificada en el plano 2D (6 metros), aproximando la posición de las luminarias existentes, como los arreglos de 2x4 proyectores halógenos de 1500 watts (véase figura 7.6).

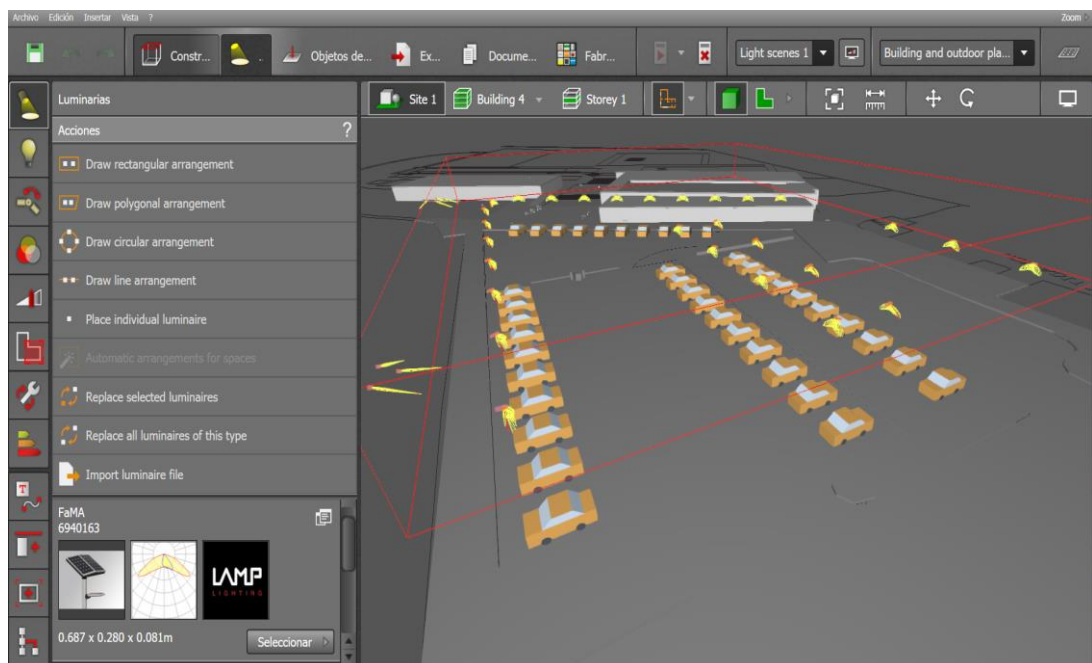


Figura 7. 6 Emplazamiento de luminarias con Dialux
Elaborado por: El autor.

Como penúltimo paso se procede a realizar la simulación dando clic el símbolo “play”, ubicado en la parte superior de la pantalla del software, lo cual simula en encendido de las luminarias previamente emplazadas según las especificaciones de diseño dadas por el plano 2D (véase figura 7.7).

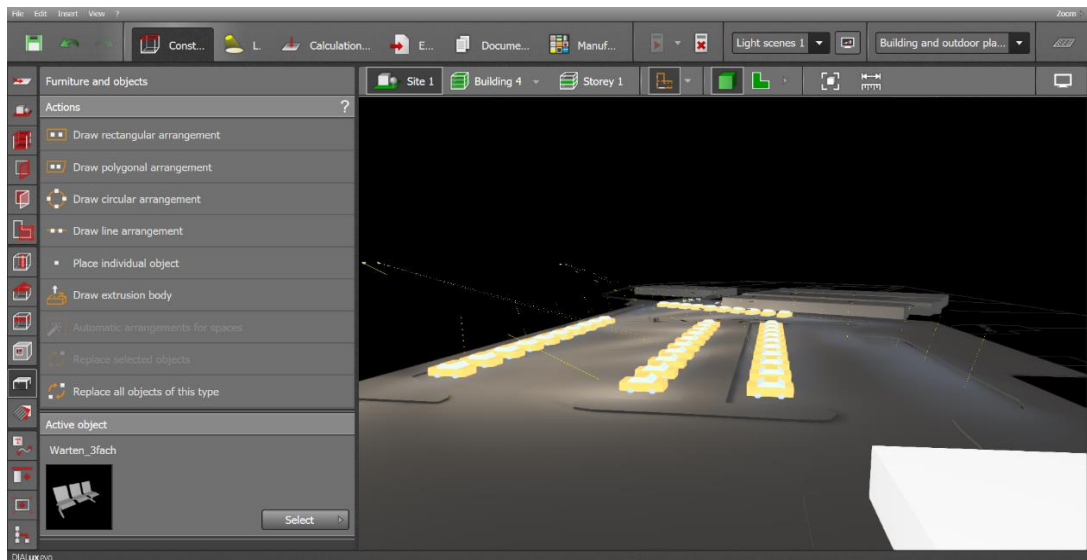


Figura 7. 7 Simulación de iluminación con Dialux
Elaborado por: El autor.

Para garantizar el correcto diseño de este proyecto de iluminación se realiza el cálculo de lux por medio del software Dialux, donde el valor de luminancia media en el plano de trabajo a cumplir se sitúa entre los 10-30 lux. Para ello hacemos uso del cálculo de colores falsos que brinda Dialux (véase figura 7.8).

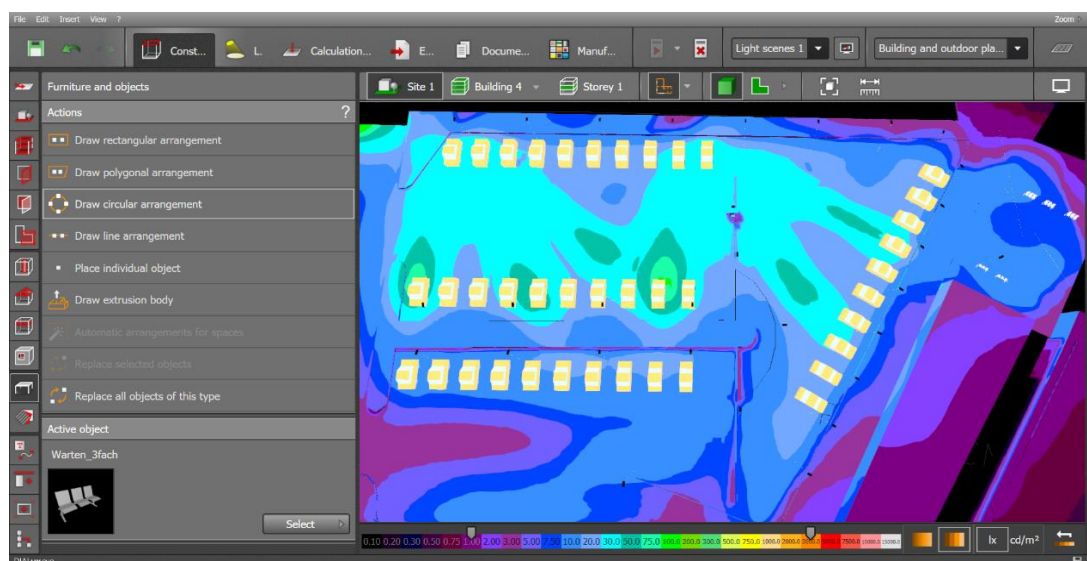


Figura 7. 8 Cálculo de iluminación con Dialux
Elaborado por: El autor.

Como se puede observar en la figura 7.9, de acuerdo al cálculo de colores falsos, el cálculo da como resultados que la media se sitúa entre 9.79 lux y 30.6 lux, lo cual es lo requerido de acuerdo a las normas establecidas para este tipo de espacios como lo son zonas de parqueos y áreas con concurrencia de personas.

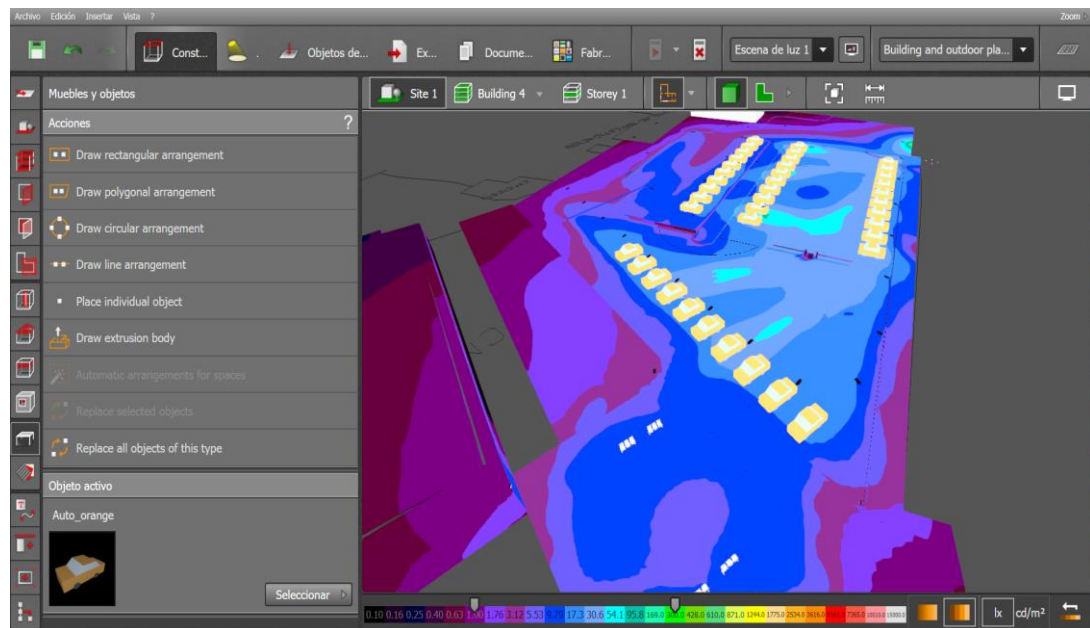


Figura 7. 9 Cálculo de colores falsos con Dialux
Elaborado por: El autor.

Finalmente, una vez realizado el cálculo respectivo, que asegura el mejoramiento de la iluminación de los exteriores de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, se procede a guardar el diseño para luego realizar el montaje de las luminarias de prueba del proyecto, que serán instaladas en el área social de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de UCSG.

Tabla 7. 2 Luminancia media por zona de simulación

Luminancia media por zona del proyecto	
Zona	Luminancia media (lx)
1	63 lx
2	44 lx
3	30 lx

Elaborado por: El autor.

CAPÍTULO 8

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

8.1 Cálculo del costo del proyecto implementado en la actualidad

Mediante este apartado, se darán a conocer aquellos elementos que intervienen en el desarrollo del presente trabajo de titulación, así como el costo correspondiente, para de esta manera poder determinar el presupuesto total aproximado que se necesitará para llevar a cabo este proyecto (véase en la tabla 8.1).

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total
2	Luminaria LED tipo cobra 120w	\$ 260,00	\$ 520,00
2	Tubo emt 2" (3 metros)	\$ 8,00	\$ 16,00
8	Perno de expansión 2 1/2"	\$ 0,25	\$ 2,00
2	Juego de herraje de suspensión	\$ 8,00	\$ 16,00
1	Reflector LED de 100w Fotovoltaico	\$ 300,00	\$ 300,00
1	Foco bullet led 50w	\$ 35,00	\$ 35,00
2	Panel Fotovoltaico	\$ 150,00	\$ 300,00
		Total	\$ 1.189,00

8.2 Cálculo del costo del proyecto total para el parqueadero de la FETD

Calcular con precisión el valor de un proyecto es muy importante para establecerse dentro del presupuesto entregado. Para no equivocarse, se podría terminar con valores en negativo o hasta incluso con la anulación del

proyecto, se podría emplear softwares informáticos para agilizar el proceso, calcular valores con precisión de los costos que se necesita, sin complicaciones posibles.

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total
30	Luminaria LED tipo cobra 120w	\$ 260,00	\$ 1.2300,00
30	Poste metálico (6 metros)	\$ 150,00	\$ 4.500,00
300	Perno de expansión 2 1/2"	\$ 0,25	\$ 75,00
30	Juego de herraje de suspensión	\$ 8,00	\$ 240,00
30	Panel Fotovoltaico	\$ 150,00	\$ 4.500,00
		Total	\$ 21.615,00

8.3 Montaje del prototipo

Con la finalidad de probar el proyecto de iluminación se estudió las partes críticas en cuanto a la iluminación, considerando el lugar de mayor concurrencia en los exteriores de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, y se determinó que el área social del ingreso a la Facultad, posee una iluminación poco eficiente, y para dar solución a este problema se realizó la instalación de dos luminarias con el sistema autónomo diseñado.

De acuerdo a datos de la página web de la NASA (figura 8.1) para asuntos de radiación solar, en la zona de Guayaquil, y específicamente colocando las coordenadas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil se observa que en la ciudad de Guayaquil existen gran cantidad de radiación por m², lo que hace factible la generación con paneles fotovoltaicos.

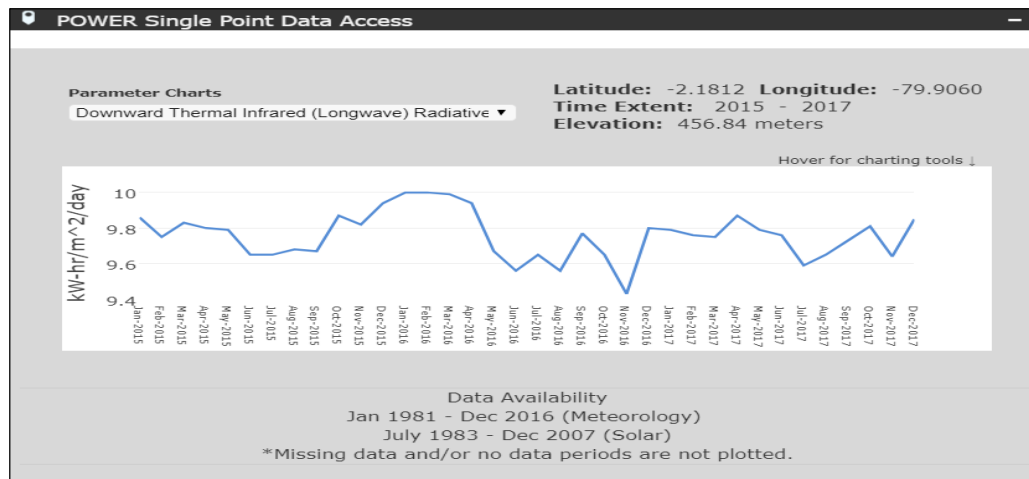


Figura 8. 1 Radiación solar en la zona de la UCSG
Elaborado por: El autor.

En la figura 8.1 se aprecia el montaje del sistema ubicado en la losa de las oficinas administrativas de la Facultad, donde se consideró la altura de 6 metros como consta en el diseño previo, y siguiendo las normas para este tipo de luminarias que poseen entre 3000 y 10000 lúmenes.

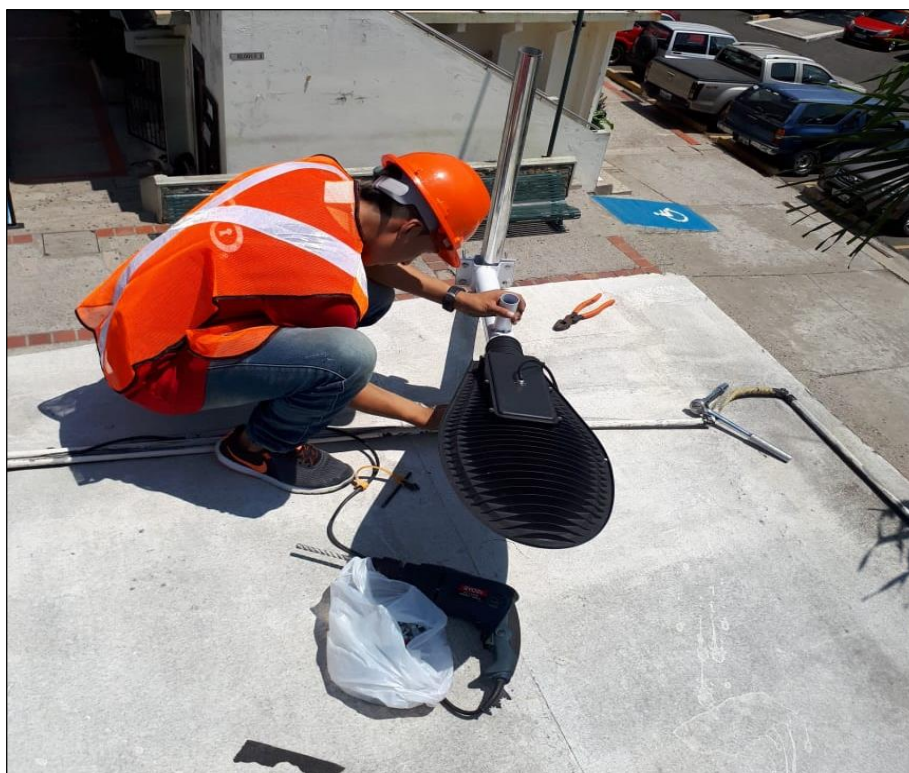


Figura 8. 2 Instalación de luminaria autónoma 1
Elaborado por: El autor.

Una vez ejecutado el montaje del sistema de iluminación situado en el borde de la losa del área administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el desarrollo, se realizaron pruebas de campo, para verificar que no

existan fallas al momento del encendido de la luminaria. Además del ángulo de inclinación óptimo que debe estar fijado en 15° , para obtener el mejor desempeño del panel solar.

Acto seguido, se procedió a dejar activado el sistema de iluminación autónomo, con la finalidad que los paneles fotovoltaicos empiecen a almacenar energía para su posterior uso en la noche, en la figura 8.3 se muestra la luminaria 1, montada mediante un tubo y abrazadera metálica, y el panel solar con inclinación de 15° .



Figura 8. 3 Luminaria 1 instalada en los exteriores de la FETD
Elaborado por: El autor.

Luego de realizar el montaje de la luminaria 1, de inmediato se procedió a efectuar el montaje de la luminaria 2, misma que generó complicaciones al momento de la instalación ya que no se contaba con un poste o una losa, la

cual sirva como soporte, por ello se decidió colocar un tubo con abrazaderas que se ubicó en la pared interior, en el descanso de la escalera de la denominada “terrazza” de la FETD, respetando la altura de diseño para no alterar el cálculo realizado mediante el software Dialux, en la figura 8.4 se muestra parte de lo que fue el proceso del montaje de esta luminaria.



***Figura 8. 4 Perforación con taladro para montaje de la luminaria 2
Elaborado por: El autor.***

Una vez hechas las perforaciones respectivas para el posterior montaje de la luminaria se procedió a instalar cada uno de los componentes de la segunda luminaria, asegurando el ángulo de inclinación y que se encuentre correctamente acoplado al soporte, para evitar fallas en el sistema autónomo y posibles accidentes (véase en la figura 8.5).

A continuación, se presenta detalles del proceso de la instalación y montaje del proyecto, y las pruebas del mismo



Figura 8. 5 Montaje de los componentes de la luminaria 2
Elaborado por: El autor.



Figura 8. 6 Luminaria 2 instalada en los exteriores de FETD
Elaborado por: El autor.



Figura 8. 7 Vista lateral de la luminaria 1
Elaborado por: El autor.



Figura 8. 8 Vista lateral de la luminaria 2
Elaborado por: El autor.

CAPÍTULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

- El sistema autónomo, favorece en gran medida al ahorro energético, además de una mejora visual en el predio en el cual se pretende desarrollar, además respetando los estándares técnicos de luminotécnica y parámetros de luminancia media establecidos.
- El aprovechamiento de la radicación solar presente en la ciudad de Guayaquil, generaría grandes beneficios, en materia de calidad de energía, ya que las luminarias convencionales requieren instalaciones que perturban el flujo de la energía en la red, por la carga inductiva que poseen la mayoría de estas.
- En el presente proyecto, se hizo énfasis en el cálculo por medio del software especializado para instalaciones de iluminación Dialux, con la finalidad de garantizar el correcto diseño del sistema propuesto para los exteriores de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG
- La instalación de este tipo de sistemas autónomo de iluminación, no requieren grandes alturas y por lo tanto pueden ser colocados en postes metálicos que representan ahorro tanto en mano de obra como de montaje de postes de mayor tamaño, que generalmente son de concreto.
- Por medio de este proyecto, se busca dar una solución definitiva a la deficiencia lumínica existente en los exteriores de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG, mediante el uso de energías renovables con la finalidad de generar ahorro a largo plazo, tanto energético, como de mantenimiento, a largo plazo.

9.2 RECOMENDACIONES

Para llevar a cabo el presente trabajo de titulación se sugiere seguir las siguientes recomendaciones:

- Los equipos a instalar deberán ser dimensionado acorde a la necesidad de los diferentes puntos existentes en el área donde se desarrolló el proyecto.
- Se deberá respetar la altura del emplazamiento como consta en los planos de diseño de las luminarias, ya que ésta, se diseñó en conformidad con los criterios de iluminación y especificaciones técnicas que entrega el fabricante de las luminarias.
- La ubicación de los paneles solares fotovoltaicos deberán ser fijados en un ángulo no mayor a 15° , con el fin de optimizar recursos en materia de captación y almacenamiento de la energía proveniente del sol.
- Se recomienda realizar un análisis de ahorro de consumo energético, si se implementa el proyecto en todo el campus Universitario.
- Para futuros trabajos, se sugiere considerar un proyecto en el cual se diseñe e implemente un sistema de comunicación por medio de software para comunicación y control de parámetros a distancia para las luminarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Autosolar Energy Solution. (2018, febrero 14). Conexión en serie y en paralelo de paneles solares. Recuperado 2 de julio de 2018, de <https://autosolar.pe/blog/aspectos-tecnicos/conexion-en-serie-y-en-paralelo-de-paneles-solares>

Colpilas. (2015, julio 29). Luminarias Solares Led. Recuperado 1 de agosto de 2018, de <http://colpilas.com/portfolios/luminarias-solares-led/>

CONELEC. (2008). Atlas Solar Ecuador. Recuperado 23 de julio de 2018, de <https://es.scribd.com/doc/65653836/Atlas-Solar-Ecuador>

Consejería Medio Ambiente. (2007). Criterios de iluminación sostenible para el alumbrado exterior. Recuperado 10 de julio de 2018, de <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/porta1web/menuitem.m.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnextoid=162bd3db30f47510VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnextchannel=60172de6577ba410VgnVCM1000001325e50aRCRD#inicio>

Díaz, T., & Carmona, G. (2010). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. McGraw Hill. Recuperado de https://drive.google.com/file/d/0B3qRkneqWpFkakdnQm4teE9hUm8/view?usp=drive_web&usp=embed_facebook

Energía solar. (2018, mayo 24). Recuperado 2 de julio de 2018, de <https://solar-energia.net/>

Garcia, J. (2013). Cálculo de instalaciones de alumbrado. Recuperado 19 de agosto de 2018, de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/calculos.html>

HelioEsfera. (2017, diciembre 10). Partes de un panel fotovoltaico. Recuperado 2 de julio de 2018, de <https://helioesfera.com/uncategorized/partes-del-modulo-fotovoltaico/attachment/image44-2/>

Hernandez, P. (2014, marzo 8). RADIACIÓN DIRECTA, DIFUSA Y REFLEJADA. Recuperado 2 de julio de 2018, de <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>

Méndez, J., & Cuervo, R. (2007). *Energía solar fotovoltaica*. FC Editorial.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2013, enero). Norma Ecuatoriana de Construcción Capítulo 15: Instalaciones Electromecánicas. Recuperado 1 de agosto de 2018, de <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECHANICAS2013.pdf>

Punto Solar. (2018). Poste Solar Fotovoltáico. Recuperado 8 de agosto de 2018, de <https://puntosolar.cl/index.php/producto/poste-solar-fotovoltaico-zona-centro-20w-a-50w/>

Renovables. (2015, febrero 26). Cómo calcular una instalación solar fotovoltaica en 5 pasos. Recuperado 4 de julio de 2018, de

<http://clickrenovables.com/blog/como-calcular-una-instalacion-solar-fotovoltaica-en-5-pasos/>

RENOVETEC. (2009). Paneles Fotovoltaicos: Concepto y tipos. Recuperado 2 de julio de 2018, de <http://www.energiza.org/solar-fotovoltaica/22-solar-fotovoltaica/627-paneles-fotovoltaicos-concepto-y-tipos>

Rubiano, D. (2010). *huerto solar*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/30rmd2b/huerto-solar>

SÁNCHEZ, E. S. (2014). CONCEPTOS BÁSICOS DE LUMINOTECNIA, 51.

Sandoval, J. D. (2012). Iluminación de Espacios Exteriores Privados, 17.

Sebastián, E. (2018, marzo 24). Distancia entre paneles fotovoltaicos. Recuperado 10 de julio de 2018, de <http://Distancia%20entre%20paneles%20fotovoltaicos,>
<http://eliseosebastian.com/distancia-entre-paneles-fotovoltaicos/>

Tecno Laing. (2016, noviembre 12). Advantages of Solar Panel Technologies. Recuperado 2 de julio de 2018, de <https://tecnolaing.com/advantages-of-solar-panel-technologies/>

ANEXOS

ANEXO 1. Ficha técnica de la luminaria.



Luminaria solar de alto desempeño, con lámpara de 80w Luminaria Fotovoltaica 40W Sistemas solares.

- Hoja Técnica luminarias
- Módulos fotovoltaicos de alta calidad y larga vida
- Gabinete con banco de baterías, control de carga y control de encendido-apagado automático
- Poste Metalico Luminaria de aluminio inyectado con vidrio templado y reflector aluminizado

Descripción

CONSUMO

- Voltaje de operación: 12 VCD
- Flujo lumínico: 7,550 lm iniciales
- Eficiencia lumínica: 6,600 lm medios
- Eficiencia eléctrica: 137 lm/W
- Temperatura de operación: 90% -10 A + 50 oC 15m

- Área de iluminación efectiva: 25 m a 7 m de altura
- Humedad: 10 a 90% no condensante
- Gabinete de luminario: Aluminio inyectado
- Tiempo estimado de vida: 14,000 a 18,000 hrs

El sistema fotovoltaico de este equipo puede satisfacer, en condiciones medias de insolación, el consumo diario de la lámpara durante toda la noche, en condiciones de buena insolación. El sistema (módulos, control y baterías) ha sido diseñado para energizar esta lámpara, por lo que no debe sustituirse por una lámpara de otro tipo.

Configuración

El sistema consiste en 4 partes principales: módulos solares, luminaria, poste y gabinete. En el gabinete del equipo se encuentran el control de carga solar, y el banco de baterías. El alcance del suministro incluye el poste cónico de 7 mts. de altura con brazo de 1.0 m y anclas de fijación para zapata de concreto, la estructura soporte para los módulos solares y los cables, herrajes y accesorios para instalación.

Luminaria solar de alto desempeño, con lámpara de 80W cada uno 2 baterías de tipo plomo-ácido, cerradas, en un arreglo con capacidad total nominal de 200 a 230 Ah , regulación electrónica P W M d e 1 0 A, 1 2 / 2 4 V, microprocesador, programable, temporizador integrado. Puede monitorearse desde una PC para evaluación en campo Lámpara fluorescente circular 40W de inducción magnética

Contenido del sistema 80 W Controlador, PWM de 10 A, 12/24 V, microprocesador, programable, temporizador integrado con indicador con pantalla de cristal líquido "LCD" e interface para PC Batería LTH Solar 12 V, 115 Ah, libre de mantenimiento, vida útil: 3 a 4 años.

Luminario de aluminio metálica inyectada, con frente de vidrio templado, reflector aluminizado, a prueba de agua, grapas de bisagra, lámpara fluorescente 40W de inducción magnética.

ANEXO 2. Cotización para el sistema fotovoltaico.



GENERAL VOLT
0930425152001
 Av. Aguirre 1027 entre 6 de marzo y Lorenzo de Garaicoa # 0
 Col: "OFERTAS PERMANENTES"
 CENTRO, GUAYAQUIL, ECUADOR
 Tel: 046035173 Cel: 0969902508-0980018668 eMail:
 Cuenta(s): Material Eléctrico e Iluminación y Gasfitería.

Cotización
9220

Fecha
20/08/2018

Moneda: USD

RECEPTOR

Nombre: **JUAN CARLOS VILLACIS**
 R.F.C.:
 Domicilio: **BELLAVISTA MZ 6 VILLA 26**
 Colonia:
 Ciudad: **, ECUADOR**

Tel:
 Cel: **0969902508**

POR FAVOR SI DESEA CANCELAR CON CHEQUE, PÁGUESE A LA ORDEN DE MARÍA GABRIELA MOLINA GUZMAN

IMG/CLAVE	CANT	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.	IMPORTE
ARTRAP3	1	UNI	MANO DE OBRA	\$ 107,143	\$ 107,14
EL060036	1	UNI	BOQUILLA E40 A E27 MAVIJU	\$ 2,232	\$ 2,23
I2489	1	UNI	FOCO LED BULLET 50W E27 5000K 5000LUM LEDEX	\$ 28,35	\$ 28,35
00392134	10	UNI	GRAPA EMT SENCILLA 2" EVLITE	\$ 0,258929	\$ 2,59
015994-0000165	12	UNI	TACO FISCHER F10	\$ 0,045	\$ 0,54
TIR-9807	12	UNI	TIRAFONDO 1/4" X2"	\$ 0,125	\$ 1,50
1005943	2	UNI	TUBO EMT 2"	\$ 13,392857	\$ 26,79
ARTRAP2	1	UNI	REFLECTOR 100W LED SOLAR SOL NACIENTE	\$ 208,571	\$ 208,57
ARTRAP1	2	UNI	LUMINARIA LED TIPO COBRA 120W SOLAR SOL NACIENTE	\$ 366,071	\$ 732,14

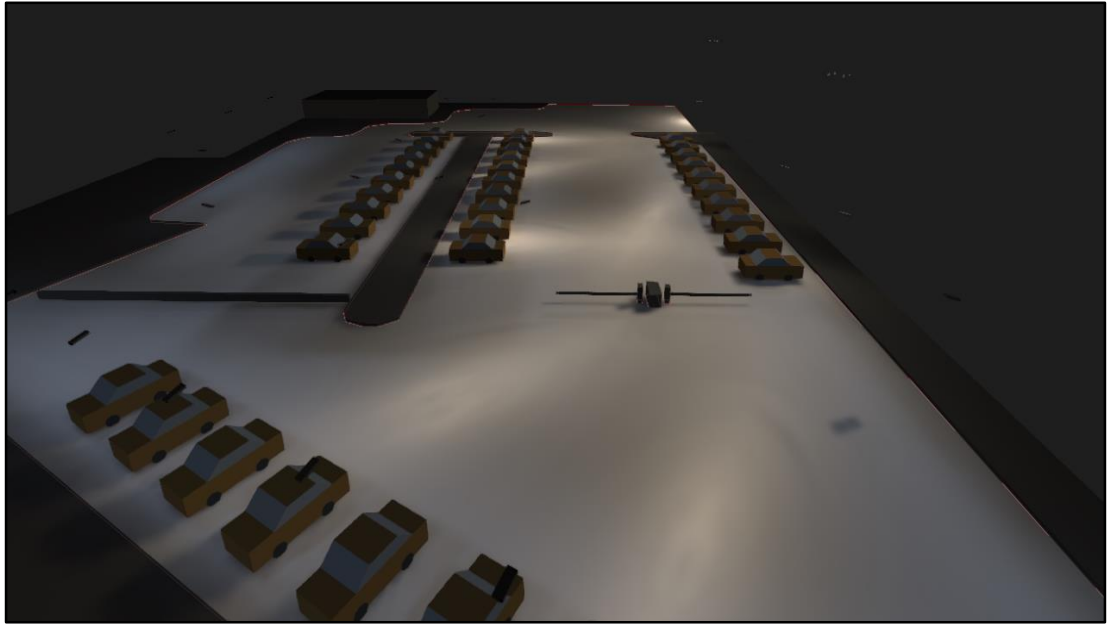
Vendedor

JUAN CARLOS VILLACIS ROBALINO, Tel. 042206594,
VENDEDOR

Subtotal	\$ 1.109,85
I.V.A.	\$ 133,18
Total	\$ 1.243,03

ANEXO 3. Simulación del sistema de iluminación propuesto.

Simulación del sistema de iluminación propuesto en el software DIALUX.



Elaborado por: El autor.

ANEXO 4. Luminarias extras utilizadas en la implementación, una parte de la Facultad Técnica para el Desarrollo.

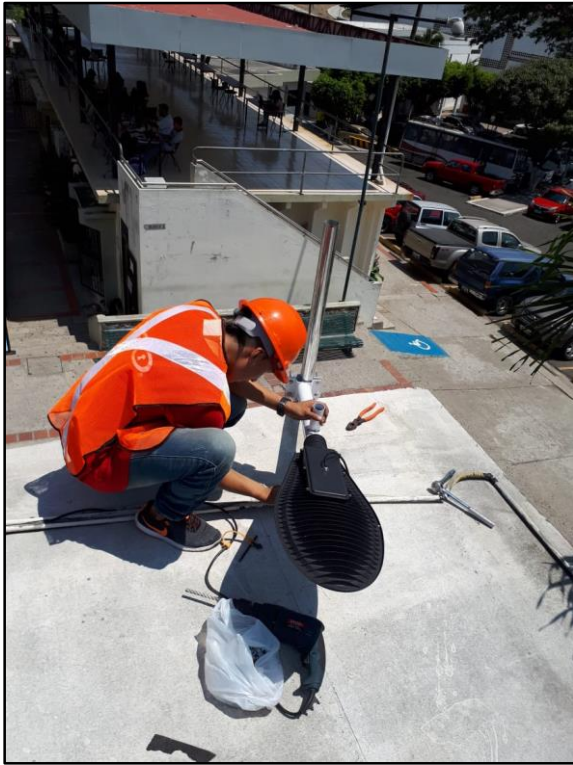
Bullet 50w led.

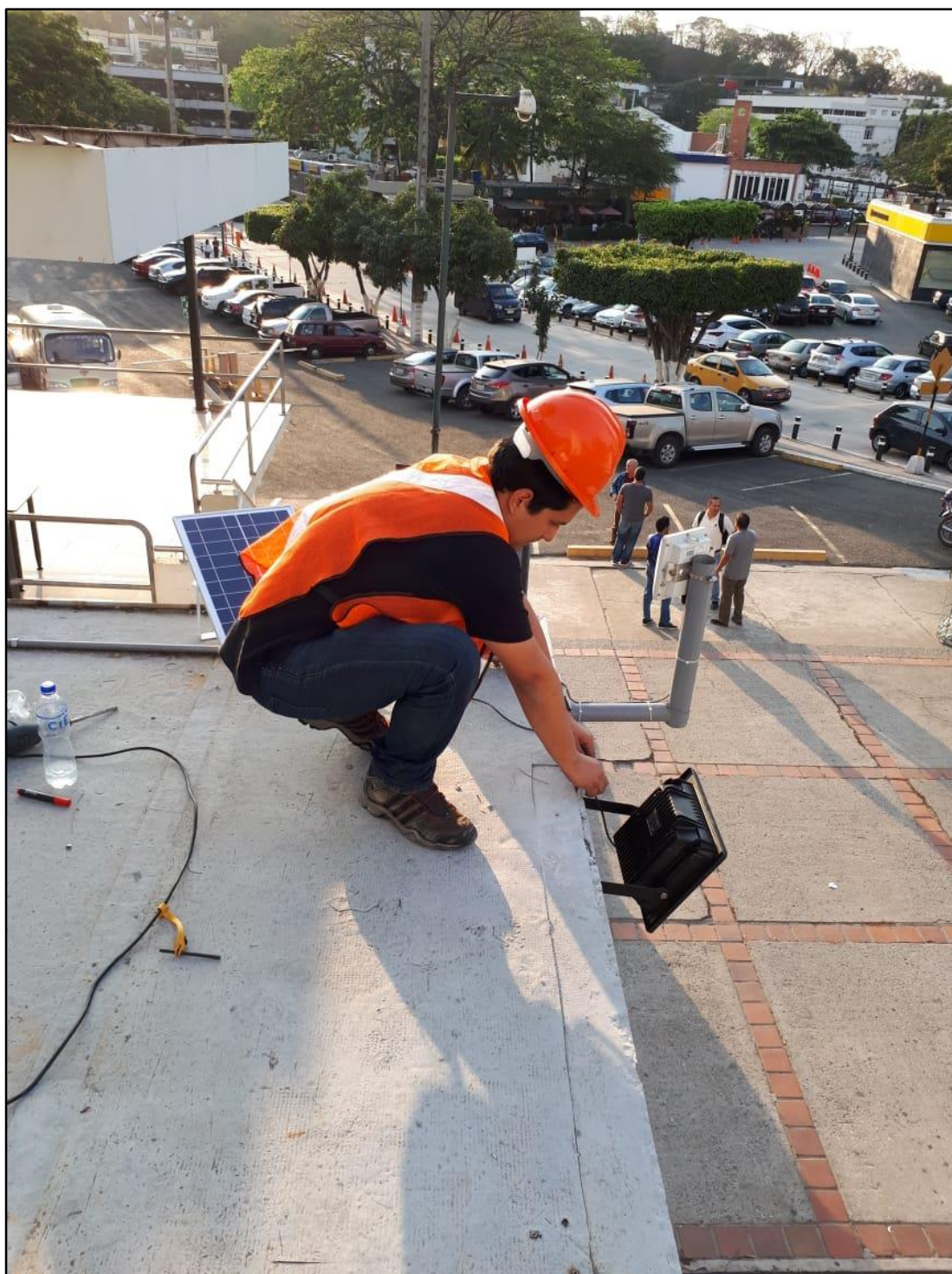


Reflector solar led 100w.



ANEXO 5. Implementación de una parte del proyecto propuesto.





GLOSARIO

Flujo luminoso: Cantidad de luz emitida por segundo; lumen (lm, Φ) (es emitido por una luminaria o lámpara)

Rendimiento luminoso: flujo luminoso emitido por unidad de potencia (1 vatio).

Iluminación General: Sistema de luminarias que proporciona los LUX luminancia media, necesarios para las áreas de trabajo y pasillos de circulación.

Iluminación Localizada: Es un diseño específico de alumbrado focalizado, cuyo objetivo es proporcionar un aumento de iluminación en el plano de trabajo.

Iluminancia: Se conoce también como “nivel de iluminación”. Es el cociente del flujo luminoso incidente sobre un elemento de superficie que contiene el punto por el área (m²) de ese elemento.

Luminancia: Es lo que produce a la vista la sensación de claridad, pues la mayor nitidez y luminosidad de los objetos depende de su nivel de luminancia. Técnicamente podemos definirla como la intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie (m²).



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **VILLACIS ROBALINO, JUAN CARLOS**, con C.C: # 1804636320 autor del trabajo de titulación: **“Propuesta de implementación de alumbrado con iluminación led con paneles fotovoltaicos para los exteriores de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG”**, previo a la obtención del título de **Ingeniería en Eléctrico - Mecánica**, 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, 17 de septiembre del 2018

f. _____

Nombre: **VILLACIS ROBALINO, JUAN CARLOS**

C.C: **1804636320**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Propuesta de implementación de alumbrado con iluminación led con paneles fotovoltaicos para los exteriores de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG.		
AUTOR(ES):	VILLACIS ROBALINO, JUAN CARLOS		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES):	ING. VALLEJO SAMANIEGO, LUIS VICENTE, MSC		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Eléctrico Mecánica		
TÍTULO OBTENIDO:	Ing. En Eléctrico Mecánica		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	17 de septiembre del 2018	No. DE PÁGINAS:	86
ÁREAS TEMÁTICAS:	Energía fotovoltaica, Iluminación LED, Radiación solar, Paneles fotovoltaicos, Sistema autónomo.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Iluminación, LED, energía, fotovoltaica, renovable, radiación, autónomo, diseño, simulación.		
RESUMEN: El presente trabajo de titulación se basa en actualidad a unas de las instalaciones más limpias de producción de energía generada, los paneles fotovoltaicos constituyen uno de los procesos más sencillos que se puede utilizar la energía del sol en energía eléctrica, toda la energía llega del sol a la tierra y se utiliza una pequeña parte de la radiación solar. El desarrollo de esta investigación está constituido por dos partes, la parte teórica y parte de diseño, simulación e implementación de una parte del proyecto. Cada vez es mayor las actividades con energía solar, englobando diseños diferentes como luminarias de alumbrado público o un auto solar, la desventaja que tiene este trabajo es su coste, los paneles fotovoltaicos son costosos y consta de materiales frágiles y sensibles, el objetivo de la energía solar tiene como contribuir en ahorro energético para la UCSG además de una mejora en la iluminación que favorece en gran medida al confort visual. En la parte de aportaciones, se realiza una descripción de las luminarias actuales instaladas, para luego realizar un cálculo y diseño para mejorar la iluminación en el ingreso de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0969902508	E-mail: juancarlosvillacisrobalino@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Philco Asqui, Luis Orlando		
COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Teléfono: (04) 2 20933 ext 2007		
	E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec/ute@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			