

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**TEMA:**

**Análisis de un sistema de respaldo de energía renovable solar  
fotovoltaica para el alumbrado exterior del parqueadero del canal TV y  
Radio de la UCSG**

**AUTORES**

**López Soledispa Luis Alberto  
Sornoza Zuñiga Juana Eugenia**

**Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de  
INGENIERO ELECTRICO**

**TUTOR:**

**Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph. D.**

**Guayaquil, Ecuador  
16 de febrero del 2024**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **López Soledispa Luis Alberto y Sornoza Zuñiga Juana Eugenia**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO**.

**TUTOR**

---

**Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph. D.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph. D.**

**Guayaquil, a los 16 del mes de febrero del año 2024**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **López Soledispa Luis Alberto**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación **análisis de un sistema de respaldo de energía renovable solar fotovoltaica para el alumbrado exterior del parqueadero del canal tv y radio de la UCSG**, previo a la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, 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 16 del mes de febrero del año 2024**

**EL AUTOR (A)**

f.   
\_\_\_\_\_

**López Soledispa Luis Alberto**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Sornoza Zuñiga Juana Eugenia**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación **análisis de un sistema de respaldo de energía renovable solar fotovoltaica para el alumbrado exterior del parqueadero del canal tv y radio de la UCSG**, previo a la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, 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 16 del mes de febrero del año 2024**

**EL AUTOR (A)**

*Juana Sornoza Z.*

f. \_\_\_\_\_

**Sornoza Zuñiga Juana Eugenia**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, López Soledispa Luis Alberto**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **análisis de un sistema de respaldo de energía renovable solar fotovoltaica para el alumbrado exterior del parqueadero del canal tv y radio de la UCSG**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 16 del mes de febrero del año 2024**

**EL (LA) AUTOR(A):**

f. \_\_\_\_\_

**López Soledispa Luis Alberto**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Sornoza Zuñiga Juana Eugenia**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **análisis de un sistema de respaldo de energía renovable solar fotovoltaica para el alumbrado exterior del parqueadero del canal tv y radio de la UCSG**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 16 del mes de febrero del año 2024**

**EL (LA) AUTOR(A):**

*Juana Sornoza Z.*

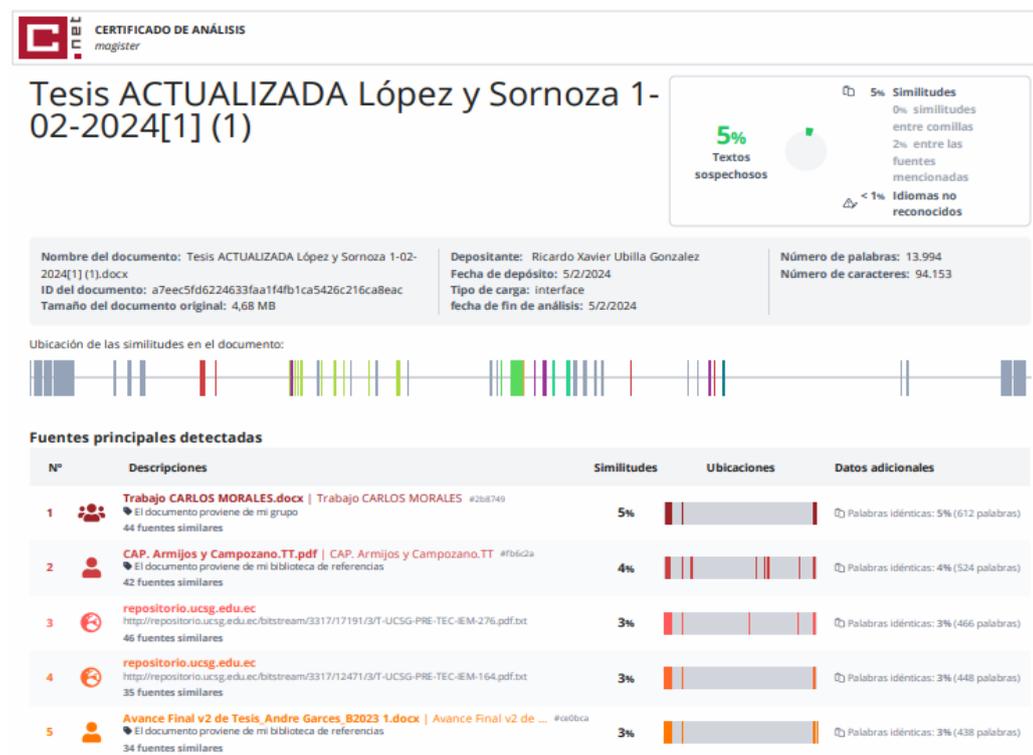
f. \_\_\_\_\_  
**Sornoza Zuñiga Juana Eugenia**

# REVISIÓN DE TESIS DE TITULACIÓN CON EL PROGRAMA COMPILATIO CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.

**TÍTULO:** Análisis de un sistema de respaldo de energía renovable solar fotovoltaica para el alumbrado exterior del parqueadero del canal tv y radio de la ucsg.

**AUTORES:** López Soledispa Luis Alberto y Sornoza Zuñiga Juana Eugenia

**FECHA:** 5 de febrero del 2024



**Conclusión:** Después de analizar el resultado enviado por el programa Compilatio y considera la desactivación de la información de texto de los formatos de presentación de trabajos en la UCSG al respecto de nombre de elementos eléctricos, tablas de contenido y a las fórmulas matemáticas que se emplea en los marcos teóricos y planteamiento del problema. El porcentaje de coincidencia final del 5%.

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph. D.

**DOCENTE TUTOR**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación primeramente a Dios, que me ha dado la sabiduría, inteligencia y la capacidad para poder saber sobre llevar este logro a su etapa final darme la fortaleza ante todas las adversidades, por darme la madurez y no dejarme desmayar en el largo camino de este triunfo profesional.

Con todo mi corazón a mi madre Eugenia Lorenza Zúñiga Sánchez por enseñarme que para obtener un resultado positivo hay que esforzarse, pues sin ella no lo habría logrado. Tu consejo, enojo, lagrima tu desvelo tu bendición a diario, a lo largo de mi vida, tu protección y tu compromiso por inculcarme valores y siempre ser una persona del bien. Es por lo que te ofrezco este trabajo de titulación, como recompensa por tu comprensión, paciencia y amor sincero madre mía.

A mi padre Juan Evangelista Sornoza Manzano, por fomentarme el estudio, el aprendizaje y por inculcarme valores y siempre ser una persona del bien.

A Mi Tío Javier y Tía Eva que creyeron y confiaron en mí desde que empecé la universidad, por motivarme para seguir adelante para no decaer por esta pendiente de mí y de mis estudios.

A mi hermano Ángel y cuñada Gabriela por ayudarme también por motivarme a seguir alcanzar mi sueño y no decaer y por esta siempre hay.

A mi tío Reynaldo y tía luisa por lo concejos por el apoyo y por la ayuda contaste y por la fe que me daba para seguir ellos nunca dudaron de mí.

A mi tutor Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph. D. que me enseñó aprendí de él y de mis errores sus fundamentos sus virtudes y su experiencia vivida gracia por compartirla a su estudiaste

Juana Eugenia Sornoza Zuñiga

## DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada principalmente para mi **DIOS Yahveh–Jireh** quien me ha provisto de salud, fuerza, sabiduría, bienes, riquezas, alimentos, trabajo, y lograr obtener un título académico en una universidad de mucho prestigio como lo es la UCSG.

Mi querida esposa Mercedes Jalca, especialmente le dedico esta Tesis por ser un pilar fundamental en mi vida diaria, con su paciencia, comprensión, empeño, esfuerzo, su amor, por ser tal como es, y porque la quiero. Es la persona que más directamente ha sufrido las consecuencias del esfuerzo realizado, muchas gracias a mi ayuda idónea.

A mi hija Ginger López por ser mi inspiración, la que despertó este sueño de estudiar y perseverando día a día, ser un ejemplo que sin fe es imposible conseguir las metas propuestas y alcanzar la cúspide, le quedo eternamente agradecido.

Para mi hijo, David López, ha venido a este mundo para darme un empujoncito es una bendición que DIOS me ha dado, en su corta edad me incitaba que siga y no desmaye porque después del esfuerzo viene la recompensa, y terminar mi estudio. Éste es sin duda mi punto de referencia para el presente y el futuro.

Mi madrecita Sra. María Soledispa por ser la que me trajo al mundo y no abandonarme, enseñándome buenos principios de respeto, honestidad, perseverancia y sobre todo andar en integridad, está pendiente de mi vida dándome bendiciones de lo alto en sus oraciones, gracias, madre mía por ser como eres.

Luis Alberto López Soledispa

## AGRADECIMIENTO

Muy orgulloso de poder mencionar a todos quienes le voy a agradecer por ayudarme a cumplir esta meta tan anhelada que es mi título profesional, a través de este trabajo de tesis, en honor a tal orgullo deseo expresar mi agradecimiento a las siguientes personas:

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a Dios por darme la voluntad, fuerza, sabiduría y fortaleza para seguir adelante en todo este proceso de realización personal y profesional.

Gracias infinitas a mi madre Eugenia Zúñiga, por su amor incondicional y su apoyo moral por su comprensión, ya que de alguna u otra forma puso su fe en mí, incluso en momentos difíciles, ha sido el pilar de este logro. También expreso mi gratitud a mis abuelitos, ya que, aunque ya no están conmigo, supieron estar cuando más los necesitaba.

A mi Padre Juan Sornoza Manzano mucha gracia por eso consejo por la ayuda por esa sabia palabra de aliento solo me queda decirte mil Gracia.

Un sincero agradecimiento A mi tío Javier y tía Eva que estuvieron y me ayudaron a lo largo de esta etapa Universitaria para poder alcanzar le mayor logro tan esperando tanto por mi parte y por su parte.

A todos mis tíos también mucha Gracias por su apoyo y su consejo.

A Mi hermano Ángel, cuñada Gabriela por su ayuda por su apoyo tan inmenso que me han dado y me va a seguir dado. Y a mi príncipe, miguelito que me vino alegre la vida.

A mi Hija Eva Lorelay y a mi esposo Darío Barahona por llegar a mi vida y por dame el mejor de los regalos y la mejor bendición de toda mi vida.

Expresar mi más profundo agradecimiento a mi tutor Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph. D., por su experiencia, comprensión, paciencia y sobre todo su apoyo incondicional contribuyeron en el complejo y gratificante camino de la investigación.

Juana Eugenia Sornoza Zuñiga

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi DIOS y Padre por darme la oportunidad, abriéndome las puertas del conocimiento en una universidad de mucha altura para mí y hacer realidad mis sueños quedándote eternamente agradecido, la Gloria, Honra y Honor sean para EL REY.

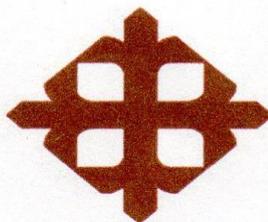
Me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento a mi tutor de tesis, el Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D. Su experiencia, comprensión y paciencia contribuyeron a mi experiencia a lo largo de un camino de investigación desafiante y gratificante. Su guía constante y su fe inquebrantable en mis habilidades me han motivado a alcanzar los sueños. No tengo palabras para expresar mi gratitud por su apoyo durante esta enseñanza profesional.

Gracias infinitas a mi esposa Sra. Mercedes por su amor incondicional y apoyo moral. También quisiera agradecer a mis hijos Ginger y David, quienes supieron darme el tiempo para escucharme y apoyarme, a mis hermanas, quienes supieron estar ahí cuando más las necesité. Su amor fue la luz que guio mi camino en esta meta académica.

A mi querida hermana María de Lourdes López que se encuentra en España, por su apoyo moral e indudable que está pendiente de todo y en todo, muchas gracias.

Un sincero agradecimiento a todos mis amigos y colegas que estuvieron conmigo en momentos de estrés y alegría en este largo y difícil camino. Su apoyo, confianza, aliento y amor han sido invaluable, mi equipo de apoyo y, lo más importante, la familia que elegí.

Luis Alberto López Soledispa



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. MIGUEL ARMANDO, HERAS SÁNCHEZ M. Sc.**  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

f. \_\_\_\_\_

**Ing. RICARDO XAVIER, UBILLA GONZALEZ M. Sc.**  
COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Ind. JACINTO E. GALLARDO POSLIGUA MAE.**  
OPONENTE

## Índice de contenido

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>VIII</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>IX</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>X</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XX</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XXI</b>
<b>CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Introducción .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Antecedentes .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Definición del problema .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Justificación .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5. Objetivos del estudio de Investigación .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5.1. Objetivo General .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5.2. Objetivos Específicos .....</b>	<b>4</b>
<b>1.6. Hipótesis .....</b>	<b>5</b>
<b>1.7. Metodología de la investigación .....</b>	<b>5</b>
<b>CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Fundamentos teóricos .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2. El sol y la energía .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3. Fuentes de energía convencionales .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.1. Combustibles fósiles .....</b>	<b>7</b>
<b>B. Gas natural. ....</b>	<b>8</b>
<b>2.3.2. Carbono mineral. ....</b>	<b>8</b>
<b>2.3.3. Energía Nuclear. ....</b>	<b>8</b>
<b>2.3.4. Fisión. ....</b>	<b>8</b>
<b>2.3.5. Fusión. ....</b>	<b>9</b>
<b>2.4. Fuentes de energía renovable .....</b>	<b>9</b>

2.4.1.	<b>Energía solar</b>	9
2.4.2.	<b>Energía solar directa</b>	10
2.4.3.	<b>Energía solar térmica</b>	10
2.4.4.	<b>Energía solar fotovoltaica</b>	11
2.4.5.	<b>Energía eólica.</b>	11
2.4.6.	<b>Energía procedente de biomasa.</b>	12
2.4.7.	<b>Diferencia de temperatura del océano (OTEC).</b>	12
2.4.8.	<b>Energía Undimotriz.</b>	13
2.4.9.	<b>Energía Hidráulica.</b>	14
2.4.10.	<b>Energía mareomotriz.</b>	15
2.4.11.	<b>Energía solar fotovoltaica.</b>	16
2.5.	<b>Fundamentos de la energía solar</b>	17
2.5.1.	<b>Semiconductores extrínsecos.</b>	22
2.6.	<b>Principio de los paneles solares</b>	23
2.6.1.	<b>Inversor.</b>	24
2.6.2.	<b>Funcionamiento de la energía solar en los paneles.</b>	24
2.6.3.	<b>Panel eléctrico.</b>	24
2.7.	<b>Beneficios de los paneles solares.</b>	24
2.7.1.	<b>Conozca los beneficios de la energía solar fotovoltaica.</b>	25
2.7.2.	<b>Integración de energías renovables en la red eléctrica.</b>	26
2.8.	<b>Desafíos</b>	27
2.9.	<b>Paneles solares</b>	28
2.9.1.	<b>Tipo de panel solar fotovoltaico.</b>	28
2.10.	<b>Parámetros eléctricos de los paneles fotovoltaicos</b>	30
<b>CAPITULO 3: MARCO NORMATIVO</b>		<b>31</b>
3.1.	<b>Marco normativo de la generación distribuida en Ecuador.</b>	<b>31</b>
3.2.	<b>Resolución ARSERNNR 08/23</b>	<b>31</b>
3.2.1.	<b>Definición de generación distribuida</b>	<b>31</b>
3.2.3.	<b>Alcance del sistema.</b>	<b>32</b>
3.2.4.	<b>Caracterización de la generación distribuida para auto abastecimiento.</b>	<b>32</b>

3.2.5.	<i>Especificaciones y requerimientos.</i>	32
3.2.6.	<i>Regulación de voltaje.</i>	33
3.2.7.	<i>Calidad de la energía.</i>	33
<b>CAPÍTULO 4: ESTUDIO DE SISTEMA DE ALUMBRADO EXTERIOR.....</b>		
4.1.	<i>Disposición del área.</i>	34
4.3.	<i>Información básica sobre luminotecnia.</i>	36
4.4.	<i>Medidor de luz</i>	36
4.5.	<i>Medición de luxes de las luminarias del parqueadero.</i>	37
4.6.	<i>Diagrama unifilar</i>	40
4.7.	<i>Luminarias propuestas</i>	41
4.8.	<i>Plano propuesto con posición de nuevos reflectores</i>	44
4.9.	<i>Reporte luminotécnico</i>	45
4.10.	<i>Cálculo de flujo luminoso y potencia</i>	45
4.11.	<i>Cálculos generales</i>	46
4.12.	<i>Tamaño de los materiales</i>	46
<b>CAPITULO 5 .....49</b>		
5.	<b>ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO FOTOVOLTAICO</b>	49
5.1.	<i>Identificación de la zona de parqueadero del canal tv y radio UCSG.</i>	49
5.2.	<i>Cálculos de Sistema Fotovoltaico</i>	51
5.3.	<i>Característica del panel solar</i>	52
5.4.	<i>Radiación solar en el día la hora pico</i>	53
5.5.	<i>Cálculo para la selección del regulador de cargas</i>	55
5.6.	<i>Características del Regulador</i>	57
5.7.	<i>Cálculo del número de baterías para el sistema</i>	57
5.8.	<i>Cálculo para la selección del inversor en el sistema</i>	58

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>61</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>62</b>
<b>Glosario.....</b>	<b>69</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. energía eólica</i> .....	11
<i>Figura 2. central biomasa</i> .....	12
<i>Figura 3. Atlas mundial térmico</i> .....	13
<i>Figura 4. Energía Undimotriz</i> .....	13
<i>Figura 5. Energía Hidráulica</i> .....	15
<i>Figura 6. Energía Mareomotriz</i> .....	16
<i>Figura 7. Sistema fotovoltaico</i> .....	17
<i>Figura 8. Radiación electromagnética del sol</i> .....	17
<i>Figura 9. Radiación solar global</i> .....	18
<i>Figura 10. Angulo azimutal sobre una superficie plana</i> .....	20
<i>Figura 11. Angulo de incidencia</i> .....	21
<i>Figura 12. Angulo de declinación</i> .....	21
<i>Figura 13. Conductores intrínsecos</i> .....	23
<i>Figura 14. Panel solar</i> .....	28
<i>Figura 15. Plano actual de la ubicación de los reflectores en parqueadero Canal TV</i> .....	34
<i>Figura 16. Distribución rectangular de la luz en lámparas de alumbrado publico</i> .....	36
<i>Figura 17. Equipo de medición de luz</i> .....	36
<i>Figura 18. Diagrama unifilar 2</i> .....	40
<i>Figura 19. Diagrama unifilar 3</i> .....	41
<i>Figura 20. Proyector led</i> .....	42
<i>Figura 21. Magnitud resplandeciente polar</i> .....	43

<i>Figura 22. Ubicación de proyectores propuestos .....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 23. Ubicación satelital del área del parqueadero UCSG .....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 24. Ubicación satelital del área del parqueadero UCSG .....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 25. Radiación solar global.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 26. Inversor hibrido .....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 27. Banco de batería .....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 28. Inversor solar .....</i>	<i>59</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Estado de los reflectores.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 2. Datos técnicos de los reflectores .....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 3. Medida de lux reflector 1.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 4. Medida de lux reflector 2.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 5. Medida de lux reflector 3.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 6. Medida de lux reflector 4.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 7. Medida de lux reflector 5.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 8. Medida de lux reflector 6.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 9. Medida de lux reflector 7.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 10. Características técnicas de luminaria propuesta .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 11. Reporte luminotécnico de los proyectores.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 12. Reporte luminotécnico de los proyectores.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 13. Cálculos totales.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 14. Tabla de calibre de conductores de cobre.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 15. Ficha tecnica de panel solar.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 16. Características técnicas del controlador.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 17. Características de inversor.....</i>	<i>59</i>

## RESUMEN

El trabajo se basa en un estudio para el mejoramiento de la red de alumbrado mediante la energía renovables fotovoltaico, del parqueadero del Canal TV y radio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Dicho sistema busca brindar seguridad a los usuarios, ahorro de energía, protección de elementos y facilidad de uso; garantizando un entorno controlado en comparación a los tableros comunes.

Para el diseño del sistema se usó herramientas como: estudio de luminotecnica, levantamiento de información del área, dimensionamiento de componentes, cálculos matemáticos para conocer los tipos de conductores a utilizar, lo que permitió plasmar el proyecto en digital y observar su correcto funcionamiento.

Esta investigación abordó el diseño de un sistema fotovoltaico como fuente distribuida en el campus de la UCSG siendo una alternativa para reducir las elevadas facturas eléctricas en sus instalaciones y, al mismo tiempo, colaborar con el medio ambiente generando energía limpia para Independencia universitaria. La información sobre el consumo eléctrico actual de la instalación se recopiló a través de un formulario de servicio.

Para el diseño de sistemas fotovoltaicos se utilizó la herramienta virtual PVsyst, permite realizar simulaciones de diseño de sistemas. A través del software y su análisis se determinó el impacto positivo del uso de este generador en las facturas eléctricas de la UCSG y en las emisiones de CO<sub>2</sub> que se liberan al medio ambiente. Mediante la discusión, análisis y puesta en marcha de los resultados, se pudo concluir que el sistema propuesto cumple de forma satisfactoria con los objetivos propuestos.

**Palabras Claves: energía renovable, sistemas fotovoltaicos, seguridad, ahorro de energía, consumo eléctrico, energía limpia.**

## **ABSTRACT**

The work is based on a study to improve the lighting network using renewable photovoltaic energy, the parking lot of the TV and radio Channel of the Catholic University of Santiago de Guayaquil. This system seeks to provide security to users, energy savings, protection from elements and ease of use; guaranteeing a controlled environment compared to common boards.

To design the system, tools were used such as: lighting engineering study, area information gathering, component sizing, mathematical calculations to know the types of conductors to be used, which allowed the project to be captured digitally and its correct functioning to be observed.

This research addressed the design of a photovoltaic system as a distributed source on the UCSG campus, being an alternative to reduce high electricity bills in its facilities and, at the same time, collaborate with the environment by generating clean energy for the Independency university. Information on the facility's current electrical consumption was collected through a service form.

For the design of photovoltaic systems, the virtual tool PVsyst was used, which allows system design simulations to be carried out. Through the software and its analysis, the positive impact of the use of this generator on the UCSG's electricity bills and on the CO<sub>2</sub> emissions that are released into the environment was determined. Through the discussion, analysis, and implementation of the results, it was concluded that the proposed system satisfactorily meets the proposed objectives.

**Keywords: renewable energy, photovoltaic systems, security, energy savings, electricity consumption, clean energy.**

## **CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL**

### **1.1 Introducción**

La energía eléctrica es uno de los motores para el desarrollo de las actividades del ser humano en los sectores residenciales, comerciales e industriales. La distribución de la energía eléctrica forma parte de una serie de procesos que parte desde la Generación, donde la calidad, operabilidad y seguridad de la red depende de la potencia instalada que se le inyecta al sistema.

En Ecuador los principales motores de generación hasta el año 2000 fueron por central termoeléctrica y central hidroeléctrica. Sin embargo, uno de los principales problemas es que no de estos tipos de generación necesitaba de la quema de combustibles como petróleo, limitando el proceso de generación por la dependencia en un elemento, la quema de combustibles y gases a lo largo de los años ha ocasionado un impacto negativo al medio ambiente que contribuye con la reducción de la capa de ozono y elevación de temperatura. Ante tal situación, organizaciones internacionales han buscado estudiar otros medios de generación de energía que no presenten limitaciones ante la producción de energía y sean amigables con el medio ambiente, siendo conocidas como energías renovables, las cuales desde 2012 fueron considerada por OLADE(Organizaciones latino Americana de Energía) como un sistema sostenible y autosustentable que puede aportar seguridad y fiabilidad interconectándose a la red de distribución y siendo estas energías conocidas como GD(Generación distribuida).

El presente proyecto busca mejorar la calidad de la red mediante un sistema fotovoltaico híbrido que pretende suministrar energía al sistema de alumbrado público del parqueadero del canal UCSG.

## **1.2 Antecedentes**

Se ha demostrado desde 2017 que los GD han sido una solución para la red de distribución aportando beneficios técnicos, económico, sociales y ambientales. Los micro generadores con energía renovable han tenido un impacto positivo a nivel mundial según IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables) ya que ha demostrado en los últimos 14 años la discusión de consumo eléctrico facturable por las empresas de energía. En Ecuador organizaciones internacionales como OLADE (Organizaciones latino Americana de Energía) y BID (Banco Interamericano de desarrollo) han ayudado a la promoción de este tipo de tecnología demostrando los beneficios de este generador en la medición y facturación neta.

Por lo cual la adaptación de este tipo de generación a un sistema convencional aportara abundantes beneficios que mejoraran calidad y operatividad de las instalaciones.

## **1.3 Definición del problema**

La calidad y continuidad de la red eléctrica es relevante para la distribución de la energía eléctrica. La universidad Católica Santiago de Guayaquil dispone de un sistema de distribución eléctrica aéreo – subterránea en media y baja tensión, Alumbrado público que abastece a todo el campus, sin embargo, el constante incremento de demanda de energía a ocasionado

limitaciones en la red, caídas de tensión, etc. afectando la calidad lumínica de las lámparas de los parqueaderos.

¿Como mejorar la calidad y continuidad de la red eléctrica en el sistema de alumbrado de los parqueaderos de la UCSG?

#### **1.4 Justificación**

La investigación es relevante porque nos permite adaptar un generador de autoabastecimiento interconectado a la red eléctrica para mejorar la calidad, continuidad y seguridad de la distribución.

Es importante el desarrollo de esta investigación porque nos permitirá estudiar la red de alumbrado exterior actual que tiene el parqueadero del canal TV y radio UCSG para proponer mejoras en función de la calidad lumínica y los estándares de un aparcamiento.

#### **1.5. Objetivos del estudio de Investigación**

##### **1.5.1. Objetivo General**

Analizar la factibilidad de un sistema fotovoltaico híbrido por medio de un estudio eléctrico para mejorar la calidad de la energía de un sistema de alumbrado exterior del parqueadero del canal tv y radio UCSG.

##### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Conocer el marco normativo de la generación distribuida en el Ecuador regulada por la ARCERNNR.

- Realizar un estudio eléctrico del sistema de alumbrado exterior del parqueadero del canal y radio UCSG.
- . Diseñar un sistema fotovoltaico híbrido que permita disminuir el consumo eléctrico facturado en el parqueadero del canal y radio UCSG.

### **1.6. Hipótesis**

La implementación de un sistema fotovoltaico híbrido en el parqueadero del Canal Tv y radio UCSG permite presenciar un ahorro anual en la facturación eléctrica por los beneficios técnico – económicos de la regulación ARCERNNR 08/23.

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

El desarrollo de la investigación es de carácter cualitativo en la estimación de la radiación solar, horas sol pico, rendimiento del sistema y cuantitativo en el desarrollo de diseño, ecuaciones, acometida, protecciones y estructura soporte. El fundamento teórico es de carácter exploratorio experimental ya que el desarrollo de los objetivos depende de algunas variables estimadas.

## **CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Fundamentos teóricos**

### **2.2. El sol y la energía**

La disponibilidad de energía en el mundo se ha convertido en una cuestión crítica, dado que la gran mayoría de los países, tanto en desarrollo como altamente industrializados, sufren demandas crecientes para alcanzar sus objetivos económicos y sociales. En los últimos años, se ha reconocido como inevitable que el suministro de energía deba pasar de su actual dependencia de los hidrocarburos a aplicaciones energéticas más diversificadas que impliquen el uso de una variedad de fuentes de energía renovables disponibles.

El sol es una fuente inagotable de recursos para el ser humano. Proporciona energía limpia, abundante y asequible a la mayor parte de la superficie de la tierra, por tanto, puede liberarla de los problemas medioambientales causados por los combustibles tradicionales como el petróleo y otras fuentes de energía alternativas como las centrales nucleares. Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos de las últimas décadas, el uso de esta opción ha sido insignificante en comparación con el consumo energético global del mundo.

Los problemas técnicos encontrados al utilizar la energía solar son los siguientes:

- a)** Gran dispersión de la energía solar sobre la superficie terrestre.
- b)** Naturaleza incontrolada y variable en el tiempo de la intensidad de la radiación solar.

### **2.3. Fuentes de energía convencionales**

La energía convencional es aquellas que dependen de la combustión de un elemento para la producción de energía eléctrica, dentro de la etapa de combustión generando gases que afectan de manera negativa al medio ambiente. Las fuentes de energía convencionales que contaminan al medio ambiente son las siguientes: (Cubillos, 2011)

- a) Fuentes de energía fósiles.
- b) Fuentes de energía geotérmica.
- c) Energía nuclear.

#### **2.3.1. Combustibles fósiles**

La energía fósil es producida por la combustión(oxidación) de determinadas sustancias que, según la geología, se formaron en el subsuelo como consecuencia de la acumulación de grandes cantidades de desechos de los seres vivos hace millones de años (Cubillos, 2011)

Entre estas sustancias inflamables se encuentran:

#### **2.3.2. Petróleo y sus derivados**

El petróleo es una mezcla de una amplia variedad de hidrocarburos (compuestos de carbono e hidrógeno) en fase líquida con diversas impurezas. Mediante destilación y otros procesos se producen diversas gasolinas, diésel, otros componentes pesados, etc., que a nivel mundial ya no es un recurso abundante y está siendo sobreexplotado por razones energéticas y financieras. (López, 2002)

### **2.3.3. Gas natural.**

El gas natural se compone principalmente de metano y es la fracción de hidrocarburos más ligera, por lo que se encuentra en yacimientos en forma gaseosa.

### **2.3.4. Carbono mineral.**

El carbón mineral se compone principalmente de carbono, también de origen fósil, que se encuentra en grandes depósitos en capas subterráneas. A nivel mundial, el carbón es abundante, pero los problemas ecológicos que provoca son incluso mayores que los del petróleo y sus derivados. (Sepúlveda, 2018)

### **2.3.5. Energía Nuclear.**

La energía nuclear se obtiene a partir de la modificación de los núcleos de varios átomos, tanto muy pesados como muy ligeros. En esta modificación, una pequeña porción de la masa se convierte en energía. Por tanto, la liberación de energía nuclear no implica combustión, sino que produce otros subproductos agresivos para el medio ambiente (Martínez, 2010).

### **2.3.6. Fisión.**

La fisión nuclear implica la desintegración de átomos pesados, como ciertos isótopos de uranio y plutonio, para obtener átomos más pequeños. En la fisión existen varias variantes. Así funcionan los reactores nucleares comerciales.

### **2.3.7. Fusión.**

La fusión nuclear también consiste en la obtención de átomos de mayor tamaño a partir de isótopos de determinados átomos pequeños, como el tritio. En teoría, esta sería una fuente de energía abundante, ya que el agua de mar contiene una pequeña cantidad de tritio. Aún no se ha desarrollado una técnica para explotar la fusión nuclear en la Tierra con fines pacíficos. (Martínez, 2010).

### **2.4. Fuentes de energía renovable.**

Las fuentes de energía renovables son fuentes de energía que, si se gestionan adecuadamente, pueden explotarse sin límites, es decir, que la cantidad disponible en la Tierra no disminuye con el uso. La principal fuente de energía renovable es el sol, que nos ayuda con la energía radiante a la Tierra, concretamente luz visible, radiación infrarroja y algo de ultravioleta.

Sin embargo, en la atmósfera esta energía solar se convierte en diversos efectos, algunos de los cuales son importantes como fuentes de energía, como la energía eólica, la energía de la biomasa, las diferencias de temperatura del océano y la energía de las olas, que describiré brevemente a continuación. (ACEVEDO, 2016).

#### **2.4.1. Energía solar.**

La energía emanada por el sol posibilita la producción de otras formas energéticas consideradas secundarias. Estas se generan a través de la interacción directa e indirecta de la radiación solar con la tierra. La energía transmitida de manera directa desencadena dos efectos conocidos como

efecto térmico y efecto fotónico. El efecto térmico se utiliza para aprovechar la radiación solar en función de la temperatura, generando así energía solar térmica. Por otro lado, el efecto fotónico posibilita la producción de energía solar fotovoltaica y biomasa mediante la absorción de fotones de los rayos de luz.

Cuando la radiación solar atraviesa las capas de la atmósfera e hidrosfera, parte de las ondas es absorbida por los gases presentes en estas capas, los cuales desempeñan un papel crucial en los cambios climáticos, la dirección del viento y el movimiento de las mareas. Este proceso se considera como energía indirecta, y el aprovechamiento de estos fenómenos climáticos permite la generación de energía eólica, mareomotriz y undimotriz. (Areatecnología, 2022)

#### **2.4.2. Energía solar directa.**

El uso de la energía solar es la luz directa del sol, por ejemplo, para la iluminación interior. En este sentido, cualquier ventana es un colector solar. Otra aplicación directa y muy común es el secado de ropa y algunos productos en procesos productivos mediante tecnología sencilla.

#### **2.4.3. Energía solar térmica.**

La energía solar es energía térmica, cuyo aprovechamiento se consigue calentando cualquier medio, como la climatización de viviendas, calefacción, refrigeración, secado, etc. Son aplicaciones térmicas.

#### 2.4.4. Energía solar fotovoltaica.

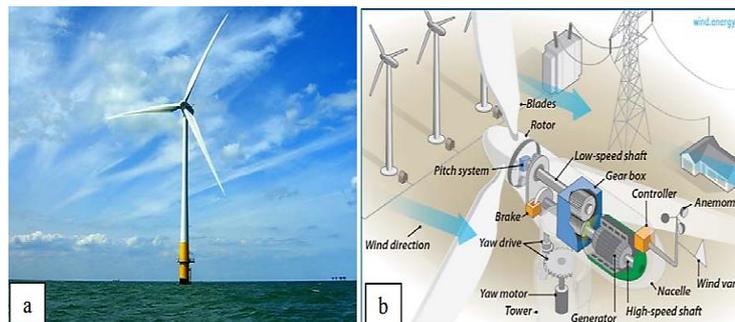
"Fotovoltaica" se refiere a la energía solar aprovechada mediante células fotovoltaicas capaces de convertir la luz en potencial eléctrico sin producir un efecto térmico. (Hidalgo, 2021).

#### 2.4.5. Energía eólica.

La energía eólica es aquella que se consigue a partir del viento, es decir, que esta energía cinética obtenida de las corrientes de aire es transformada en corriente eléctrica, siendo muy útil para la actividad humana. Desde la antigüedad se ha utilizado para mover barcos, propulsados por velas, o para controlar máquinas de molino mediante el movimiento de palas.

La energía eólica consiste en un recurso cuantioso, limpio y renovable que contribuye en la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que sustituye las plantas termoeléctricas que necesitan de combustibles fósiles, por una alternativa de corriente eléctrica verde. No obstante, uno de sus inconvenientes más relevante es la intermitencia que presente. (Villarrubia, 2012). A continuación, en la figura 1 se muestra un ejemplo de energía eólica.

Figura 1. energía eólica



Nota: Aerogenerador en el estuario del Támesis en el Reino Unido. Fuente: Zehnder, 2018

#### **2.4.6. Energía procedente de biomasa.**

La forma más antigua de utilizar la energía solar, inventada por la propia naturaleza, es la fotosíntesis. A través de este mecanismo, las plantas producen su propio alimento (una fuente de energía) y alimento para otros seres vivos en las cadenas alimentarias. Pero la fotosíntesis también produce otros productos, como la madera, que además de su valor energético tiene muchos usos.

A través de la fotosíntesis, la energía solar se puede utilizar para producir sustancias de alta energía (liberadas por combustión) como el alcohol y el metano (Roca, 2021). Así se lo puede apreciar en la figura 2.

*Figura 2. central biomasa*

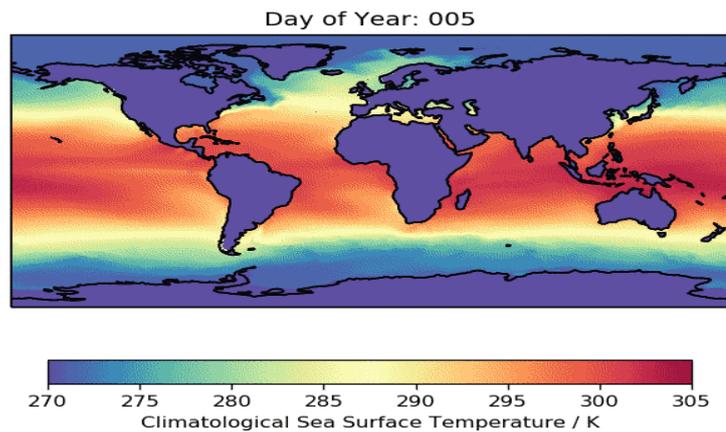


*Nota: Central híbrida con energía biomasa Fuente: INDUALIMENTO,2023*

#### **2.4.7. Diferencia de temperatura del océano (OTEC).**

Se ha propuesto utilizar la diferencia de temperatura que existe entre la superficie del mar (alrededor de 20 °C o más en los trópicos) y la diferencia de temperatura a varias decenas de metros debajo de la superficie (cerca de 0 °C), para generar un flujo de calor que impulse los ciclos termodinámicos. y puede producir otras formas de energía, tal como se lo puede apreciar en la figura 3.

Figura 3. Atlas mundial térmico



Nota: comportamiento de temperatura en grados kelvin según ubicación geográfica Fuente: METEORED, 2019

#### 2.4.8. Energía Undimotriz.

También se ha propuesto aprovechar, en determinados lugares especiales, el vaivén de las olas del océano para generar energía eléctrica. Las olas, a su vez, se generan por el efecto del viento sobre el agua. Por tanto, también es una forma derivada de la energía solar (Colmenar, 2009). En la figura 4 se puede observar el aprovechamiento de esta forma de conseguir energía.

Figura 4. Energía Undimotriz



Nota: Central undimotriz instalada en océano atlántico Fuente: CEUPE, 2023

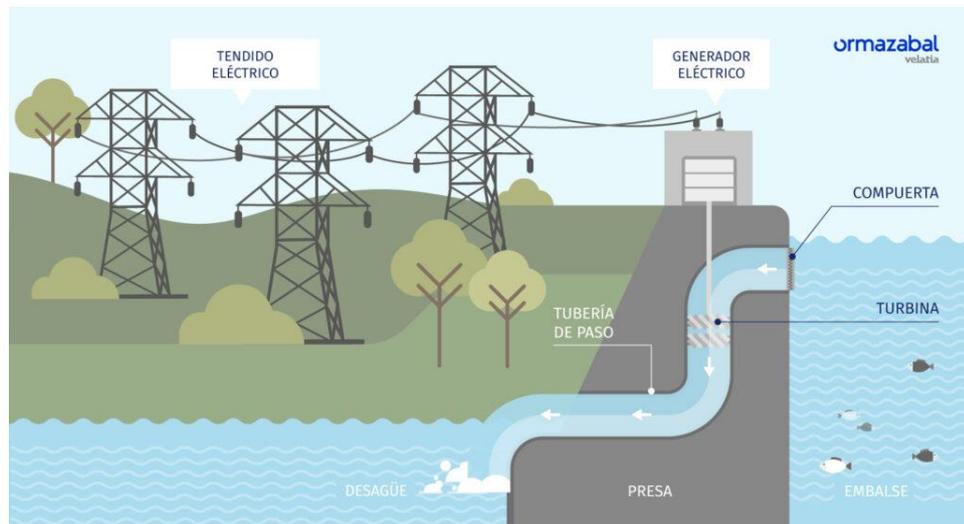
#### **2.4.9. Energía Hidráulica.**

Se llama energía hidráulica o energía del agua, a la energía que se logra a partir del beneficio que brinda la energía cinética y la energía potencial de los flujos de agua, cascadas o mareas. Es un tipo de energía verde que tiene un impacto mínimo en el medio ambiente y utiliza energía hidroeléctrica sin incautarla, de lo contrario, se considera simplemente una forma de energía renovable (Ortiz, 2011).

Esto puede transformarse en escalas muy diferentes, debido a que hace varios siglos se registra la existencia de granjas pequeñas en las que las corrientes de los ríos generan movimiento en las palas de los rotores, siendo estos movimientos aplicados, por ejemplo, en las fábricas rurales. Sin embargo, el uso más significativo es la generación de energía hidroeléctrica mediante represas, aunque las represas no se consideran una forma de energía verde debido al alto impacto ambiental que producen (Escobar, 2023).

El sol, que calienta la tierra, además de provocar corrientes de aire, también provoca que el agua del mar, especialmente el agua de mar se evapore y se eleve en el aire hacia las zonas montañosas para luego caer en forma de lluvia. Esta agua puede ser recolectada y retenida mediante presas. Parte del agua almacenada se libera para impulsar las palas de la turbina que se dirigen a un generador de energía eléctrica. En la figura 5 se explica dicho proceso.

Figura 5. Energía Hidráulica



Nota: Esquema de un sistema de generación hidráulica Fuente: Ormazabal, 2022

#### 2.4.10. Energía mareomotriz.

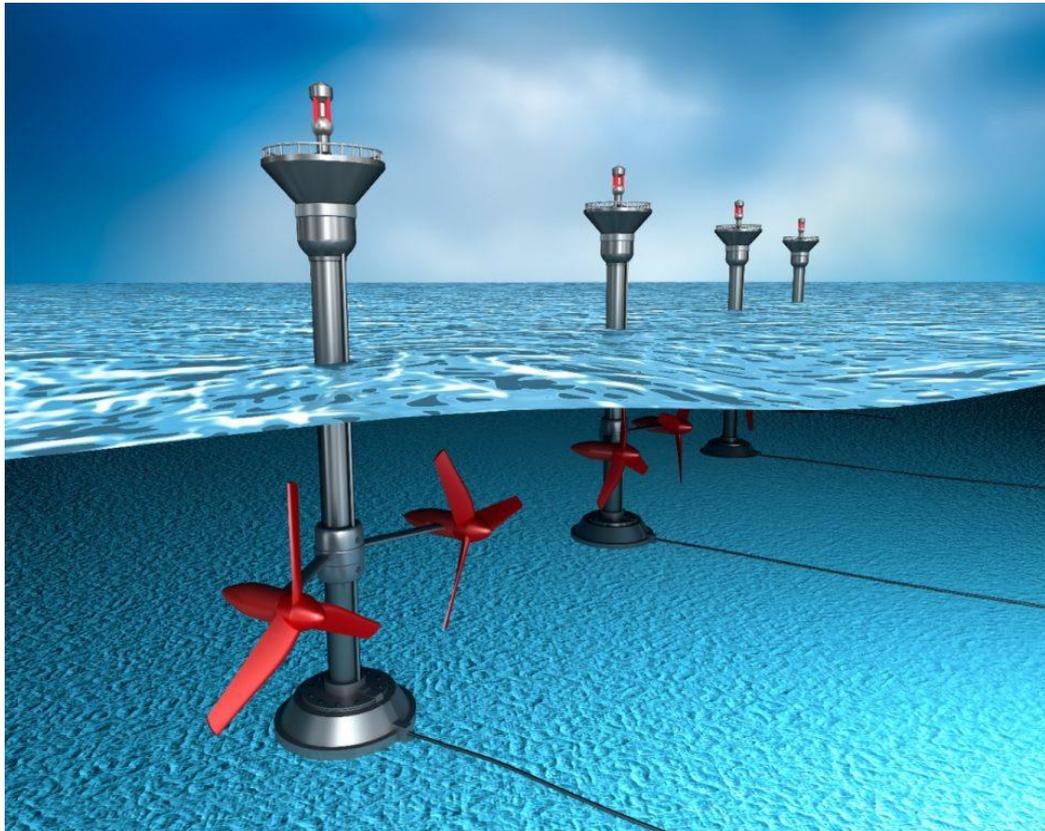
La energía mareomotriz es la que se obtiene utilizando las mareas, ya que, el contraste entre la altura media de los mares corresponde a la posición relativa de la Tierra y la Luna, que es producto de la atracción gravitacional de esta última y el Sol sobre las masas de agua de los mares. Esta diferencia de altura resulta beneficiosa cuando se agregan piezas móviles y mecanismos de canalización y deposición al proceso natural de subida o bajada del agua para lograr el movimiento en un eje.

Al acoplarse a un generador, el sistema se puede utilizar para generar electricidad, convirtiendo la energía de las mareas en energía eléctrica, una forma de energía más útil y utilizable. Es un tipo de energía limpia y renovable.

La energía mareomotriz tiene la propiedad de ser renovable porque su uso no agota la fuente de energía primaria, y es limpia porque la conversión de energía no produce subproductos gaseosos, líquidos o sólidos nocivos para el medio ambiente. Sin embargo, la relación entre la cantidad de energía

que se puede obtener con los medios actuales y los costes económicos y medioambientales que supone instalar los equipos para este proceso ha impedido una difusión significativa de este tipo de energía (Repsol, 2023). En la figura 6 se puede apreciar cómo se obtiene este tipo de energía.

*Figura 6. Energía Mareomotriz*



*Nota: sistema que funciona con el movimiento de las olas, moviendo las turbinas interconectadas a una boya y convirtiendo la energía en eléctrica Fuente: Energyza, 2021*

#### **2.4.11. Energía solar fotovoltaica.**

En esta sección del capítulo se detallan algunos principios teóricos importantes de la energía solar fotovoltaica que facilitan la comprensión de este trabajo de investigación, como por medio de la figura 7 que se presenta a continuación:

Figura 7. Sistema fotovoltaico

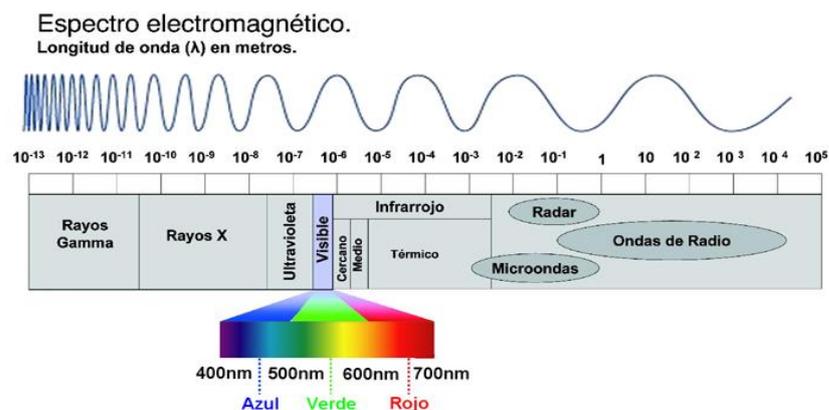


Nota: elementos que conforman un sistema fotovoltaico aislado Fuente: Solergy, 2017

## 2.5. Fundamentos de la energía solar.

El sol es una fuente inagotable de energía que la humanidad ha utilizado desde tiempos inmemorables para desarrollar sus actividades cotidianas. Este tipo de energía se transmite en forma de radiación electromagnética, la cual se presenta en forma de radiación infrarroja, ultravioleta o luz visible (Cachorro, 2008) Así se expone en la figura 8 que se muestra a continuación:

Figura 8. Radiación electromagnética del sol



Nota: espectro electromagnético según la longitud de la honda en metros Fuente IDEAM, 2021

Las grandes energías liberada por el sol emitida al vacío solo una pequeña parte llega hasta la Tierra. Asimismo, el 16 % de esta es absorbida por la atmósfera y el 22.5 % por el suelo. Además, el suelo refleja un 4% de esta radiación hacia el espacio y la atmósfera el 17.5 %, de la cual el suelo absorbe el 10.5 % y el 7 % vuelve al espacio. La mayor parte de la radiación que representa el 24% es reflejada al espacio por las nubes, un 14.5 % llega al suelo después de refractarse en las nubes y un 1.5 % es absorbida por estas. (Cachorro, 2008).

La directa es la que llega sin ser refractada o reflejada por ningún medio, la reflejada es la que procede de la reflexión de algún otro medio, como por ejemplo la radiación que vuelve al espacio después de reflejarse en las nubes, y la difusa o albedo es la propiedad de cualquier cuerpo que reflejar la radiación incidente. Cuanto más clara es la superficie de un cuerpo, más capaz es de reflejar la radiación incidente y, por tanto, mayor es su albedo. En la figura 9 se explica cuáles son los componentes de la radiación solar.

Figura 9. Radiación solar global



Nota: Radiación solar global promedio que incide sobre una superficie plana Fuente: Paucar, 2017

La radiación solar que llega no es uniforme en todo el planeta, sino que existen unos factores que van a influir en ella como las condiciones climatológicas, época del año, la latitud del lugar, la orientación de la superficie receptora, entre otras.

La radiación solar que llega no es uniforme en todo el planeta, sino que existen unos factores que van a influir en ella como las condiciones climatológicas, época del año, la latitud del lugar, la orientación de la superficie receptora, entre otras.

Para comparar o medir la radiación solar existen dos términos que son: la irradiancia y la irradiación solar. La irradiancia es la potencia que incide en una unidad de superficie y se expresa en  $kW/m^2$ . La irradiación se define como la energía que incide en una unidad de superficie durante un determinado tiempo y se expresa en  $kWh/m^2$ .

Además, existen dos unidades de medida que son muy útiles al momento de diseñar sistemas fotovoltaicos porque nos permite relacionar la incidencia de la radiación solar en los paneles y la capacidad de estos, las unidades son la hora solar pico (HSP) y el vatio pico (Wp).

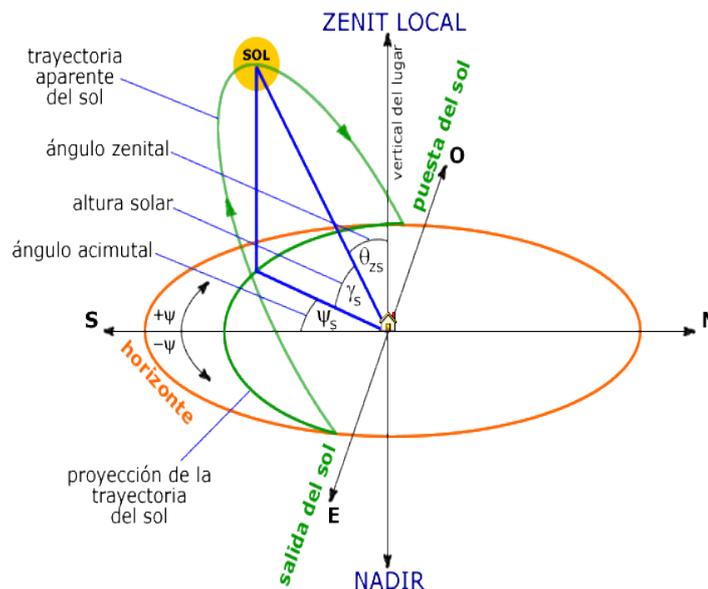
La hora solar pico es la cantidad de horas de sol que incide sobre la superficie del panel a una radiación de  $1 kW/m^2$ . Vatio pico es la unidad en la que se expresa la potencia del panel y se define como la potencia que es capaz de entregar el panel a una irradiación solar de  $1 kW/m^2$  a una temperatura de  $25^{\circ}C$ .

Otros factores importantes que influyen en el desempeño de un sistema fotovoltaico es la orientación y la inclinación, de esto depende que los

paneles solares capten la mayor cantidad de radiación solar posible aumentando la eficiencia del sistema. Entre los términos que podemos relacionar la orientación y la inclinación son: ángulo acimutal o acimut ( $\alpha$ ), ángulo de incidencia ( $\varphi$ ), declinación ( $\delta$ ) y el ángulo de inclinación del panel ( $\beta$ ). (Cachorro, 2008).

- Azimut: Es el ángulo que se forma entre la componente horizontal de la recta sol-Tierra con respecto a la recta Norte-Sur. En la figura 10 se muestra gráficamente un ángulo acimutal  $\alpha$  con respecto al sur.
- Ángulo de inclinación: Ángulo que se forma entre la superficie horizontal y el panel.

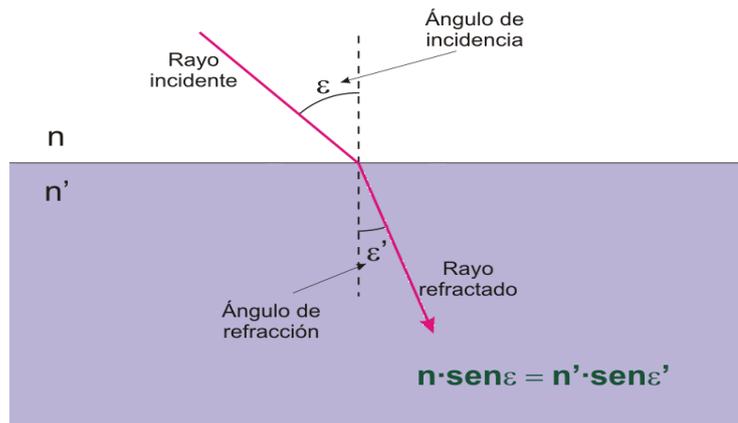
Figura 10. Angulo azimutal sobre una superficie plana



Nota: Angulo azimutal en función a la trayectoria del sol que parte de este a oeste Fuente: CEEN, 2021

- Ángulo de incidencia: Es el ángulo formado por la radiación, es decir, la recta sol-panel, y la línea normal al panel que es perpendicular a su superficie. En la figura 11 se muestra gráficamente el ángulo de incidencia de la radiación en un panel.

Figura 11. Angulo de incidencia



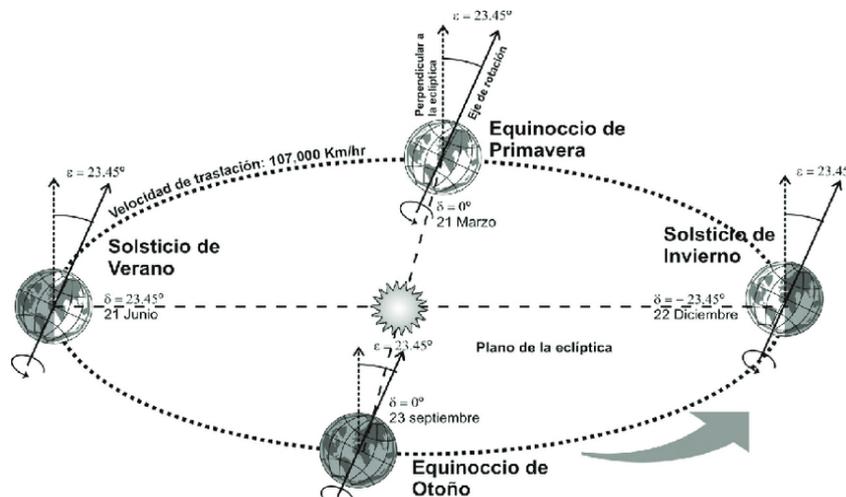
Nota: Angulo con respecto al rayo incidente y refractado Fuente Caicedo, 2023

- **Ángulo de declinación:** Es el ángulo que forman la recta sol-Tierra y el plano del ecuador. Este ángulo cambia según el día del año y se puede calcular mediante la ecuación 1.

$$\delta(^{\circ}) = 23.45 * \sin \left( 360 * \frac{284+\eta}{365} \right) \quad (1)$$

Donde  $\eta$  es el número de día del año y siendo  $-23.45^{\circ}$  el ángulo de declinación en el cual el sol alcanza su punto máximo durante el solsticio de verano para el hemisferio sur y  $23.45^{\circ}$  para el solsticio de invierno (Cachorro, 2008) como se muestra en la figura 12.

Figura 12. Angulo de declinación



Nota: ángulo que varía según la rotación del sol Fuente: Abril, 2017.

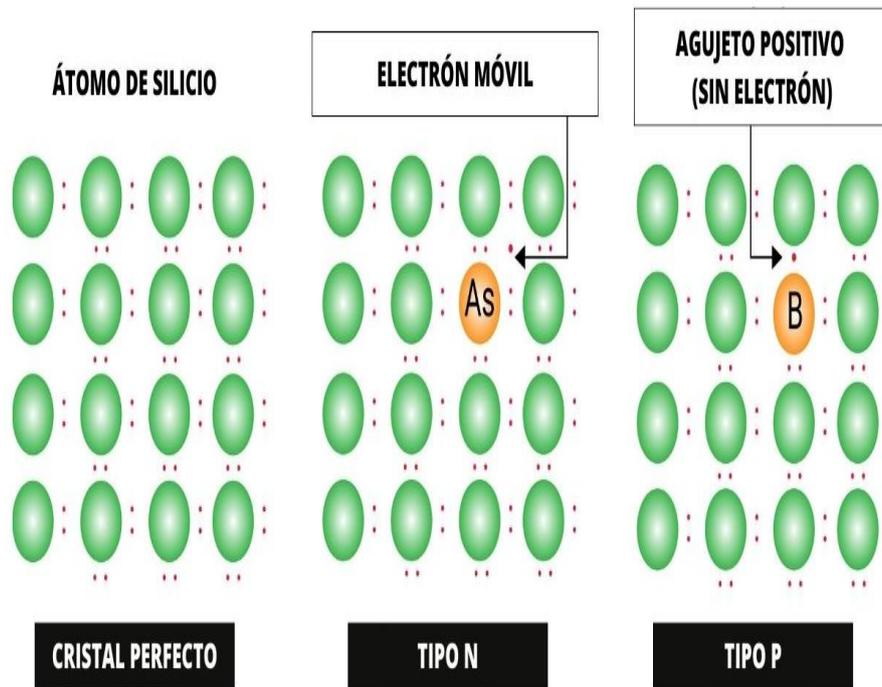
### **2.5.1. Semiconductores extrínsecos.**

La conversión de energía solar en energía eléctrica se logra mediante el principio fotovoltaico empleado en paneles solares, compuestos principalmente por semiconductores como germanio (Ge), silicio (Si) y arseniuro de galio (GaAs). Estos semiconductores, inicialmente no buenos conductores ni aislantes, experimentan un proceso de dopado, que consiste en la adición de impurezas.

El dopado altera las propiedades eléctricas del material, generando semiconductores extrínsecos, clasificados en dos tipos: material tipo n y tipo p. El material tipo n se forma al introducir impurezas con 5 electrones de valencia. En el caso del silicio puro, con 4 enlaces covalentes, se libera un electrón por cada impureza añadida durante el dopado. Esto resulta en un semiconductor tipo n, caracterizado por tener electrones libres en su estructura molecular, aunque sigue siendo eléctricamente neutro debido al equilibrio de protones y electrones en sus átomos.

Por otro lado, en el material tipo p se introducen impurezas con 3 electrones de valencia, por ende, por cada impureza agregada faltará un electrón en uno de los enlaces covalentes del silicio. A este electrón faltante se le conoce como vacío o hueco que con facilidad aceptará un electrón libre. El material al igual que el tipo n se mantiene eléctricamente neutro. En la figura 13 se muestra el material tipo n a la izquierda y el tipo p a la derecha.

**Figura 13. Conductores intrínsecos**



*Nota: estructura de silicio dopada por elementos intrínsecos que generan hoyos y huecos separando las capas del semiconductor Fuente: REPSOL, 2023*

## 2.6. Principio de los paneles solares.

Los paneles solares consisten en módulos fotovoltaicos individuales que toman la energía que aporta el sol, transformándola en electricidad mediante un convertidor o convertidor. Estas células solares funcionan similar a una batería. Los paneles solares se componen de células fotovoltaicas (PV), que cambian a la luz solar en electricidad de corriente continua (DC) en el transcurso del día (Celsia, 2019).

Las células solares que componen los paneles solares contienen también células solares individuales elaboradas con materiales semiconductores como el silicio (cristalino y amorfo), que transforman la luz-fotones, en energía eléctrica, es decir, electrones (Celsia, 2019).

La luz solar resultante separa los electrones para que formen una capa cargada positivamente y una capa cargada negativamente en la célula solar; Esta diferencia de potencial genera una corriente eléctrica. (Celsia, 2019).

### **2.6.1. Inversor.**

Este dispositivo electrónico que convierte la energía (DC) generada por los paneles solares en la energía de corriente alterna (AC). (Celsia, 2019).

### **2.6.2. Funcionamiento de la energía solar en los paneles.**

Los paneles fotovoltaicos emplean la luz solar para obtener corriente continua, que es difundida y usada por variados equipos eléctricos. La energía generada circula a través de un medidor, que refleja su cantidad. Después, se introduce a la caja de distribución, desde donde se provee a la red de la instalación (Celsia, 2019).

### **2.6.3. Panel eléctrico.**

Es un componente de un sistema de distribución eléctrica que divide una alimentación de energía eléctrica en circuitos derivados, al tiempo que proporciona un disyuntor o fusible de protección para cada circuito, en un gabinete común. (Celsia, 2019).

## **2.7. Beneficios de los paneles solares.**

La energía solar en los paneles fotovoltaicos ha surgido como una nueva alternativa de generar energético amigable con el medio ambiente, considerando el impacto que causan las energías no renovables. (Celsia, 2019).

### **2.7.1. Conozca los beneficios de la energía solar fotovoltaica.**

La energía solar surge como una nueva alternativa de consumo de energía amigable con el medio ambiente, ante el impacto generado por la energía no renovable. Entre sus beneficios están:

- Es renovable
- Es una fuente de energía ilimitada
- Es la fuente de energía más limpia y no pone en peligro ni incrementa el calentamiento global, debido a que no produce gases de efecto invernadero ni subproductos peligrosos para el medio ambiente
- Tiene un bajo costo de aprovechamiento, tras la inversión inicial en la fabricación de los componentes y la instalación, que es la que puede resultar más costosa
- Se puede producir energía limpia que resulta más económica que la que se adquiere por medio de la red
- Está disponible en todo el planeta, por lo que se convierte en la mejor forma de proveer electricidad a lugares aislados, donde el costo de instalar líneas de distribución de electricidad es demasiado alto
- La tecnología permite convertir la energía solar en electricidad por medio de dispositivos fotovoltaicos y de energía solar térmica.
- Contribuye al desarrollo sostenible
- Genera empleo en las zonas donde se instala
- Reduce el uso de combustibles fósiles
- Reduce las importaciones energéticas

### **2.7.2. Integración de energías renovables en la red eléctrica.**

La utilización de energías renovables en la red eléctrica se refiere al uso más eficiente de las energías renovables en la red eléctrica, es un tema muy importante porque ofrece soluciones prometedoras para superar los desafíos ambientales y energéticos que enfrentamos (Caicedo, 2017).

Actualmente, los avances tecnológicos permiten dotar de instalaciones a precios más competitivos, de modo que a medio plazo muchos de estos sistemas podrán competir con el precio de compra de la energía eléctrica, teniendo en cuenta las diferencias de uso energético (Caicedo, 2017).

Para integrar las energías renovables en la red eléctrica, se necesita una infraestructura adecuada que permita conectar a la red eléctrica plantas de energía solar, plantas de energía eólica u otras instalaciones renovables de manera eficiente y segura. Para garantizar la estabilidad y fiabilidad del suministro eléctrico, es necesario equilibrar la oferta y la demanda mediante una gestión inteligente de la red y la integración de sistemas de almacenamiento de energía.

Los sistemas de almacenamiento de energía juegan un papel importante en la integración de energías renovables en la red eléctrica. Al reemplazar las fuentes de energía basadas en combustibles fósiles por energía limpia y renovable, se reducirá la contaminación y se podrá mejorar un sistema energético más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

En definitiva, la integración de las energías renovables en la red eléctrica es una realidad importante en la transición hacia un sistema energético más sostenible.

## **2.8. Desafíos.**

La disponibilidad de recursos renovables varía según las condiciones climáticas y la hora del día, lo que puede provocar fluctuaciones en la producción de energía.

La integración de energías renovables en la red eléctrica tiene múltiples beneficios:

En primer lugar, reduce la dependencia de los combustibles fósiles, lo que disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y ayuda a combatir el cambio climático.

- Aumenta la seguridad y la resiliencia del suministro.
- Crea oportunidades de empleo por lo que la economía crece.
- Innovación tecnológica.

El éxito reside en la integración de las energías renovables, es decir, una infraestructura de red eléctrica inteligente y flexible, y en una mejor distribución mediante la integración de sistemas energéticos eficientes. Hay que fomentar y fomentar el consumo de energías renovables.

## 2.9. Paneles solares.

Por si aún no lo sabías, no todos los paneles son iguales, mucho menos, hacen lo mismo. Sí, efectivamente, Hoy en día, de manera general, existen 3 tipos de paneles solares:

- Panel fotovoltaico monocristalino
- Panel fotovoltaico Policristalino
- Panel fotovoltaico lamina amorfa

A continuación, te explicaremos brevemente y de manera sencilla en qué consiste cada uno de ellos y qué es lo que con cada uno de ellos se puede hacer:

### 2.9.1. Tipo de panel solar fotovoltaico.

El primer tipo de panel del que se hablará son de los paneles solares fotovoltaicos; responsable de convertir la energía solar en electricidad. Y sí, también este tipo de paneles los que también estaban sujetos al llamado impuesto solar y en torno al cual giraba todo el debate sobre la legislación al respecto (Caicedo, 2017). Un ejemplo de ellos es el que se muestra en la figura 14.

*Figura 14. Panel solar*



*Nota: vista frontal de un panel solar monocristalino Fuente: Geosolar, 2017*

Normalmente, este tipo de paneles están formados por células fotovoltaicas de silicio (símbolo Si, si eres químico entre nuestros lectores) que, mediante un proceso llamado efecto fotovoltaico, convierten la energía luminosa en energía eléctrica (Caicedo, 2017).

En pocas palabras, este proceso ocurre cuando los fotones (una de las “partículas que componen” la luz) chocan con un panel solar, específicamente el silicio que lo forma. Al impactar, los fotones bombardean los átomos de silicio, destruyendo los electrones y liberando algunos de ellos, lo que da como resultado la generación de una corriente eléctrica. (Este proceso es mucho más complejo, pero para los principiantes esta explicación es más que suficiente para entender cómo funciona (Caicedo, 2017).

Asimismo, los paneles solares fotovoltaicos existen de varios tipos, dependiendo de su composición. Cada uno de estos se explicará en artículos posteriores; Por razones obvias, entender el funcionamiento y las características técnicas de cada tipo. Además, para presentarlos y que no le quedes con ninguna duda hoy en día, los paneles solares fotovoltaicos más habituales son:

- a)** Monocristalinos (silicio)
- b)** Policristalinos (silicio)
- c)** Otros no compuestos por silicio como Thin Film o los Orgánicos.

Más allá de esta distinción, según los componentes que forme el panel térmico, podemos realizar nuevas divisiones de estos (captador solar plano, panel de tubos de vacío) pero, igualmente, lo dejamos para más adelante. Explicar cómo están formados y, sobre todo, cómo funcionan (Caicedo, 2017).

## **2.10. Parámetros eléctricos de los paneles fotovoltaicos.**

Todo panel solar viene de fábrica con su curva característica I – V como, esta da información sobre el desempeño del panel bajo condiciones de prueba estándar (STC), son las siglas en inglés de «Standar Test Condition», es decir, a una irradiancia de  $1000 \frac{W}{m^2}$  a una distribución espectral de la radiación solar de 1.5 y a una temperatura del panel de 25°C. Además, los datos técnicos que brinda la curva son importantes al momento de diseñar el sistema y dimensionar sus distintos componentes (Caicedo, 2017).

## **CAPITULO 3: MARCO NORMATIVO**

### **3.1. Marco normativo de la generación distribuida en Ecuador.**

La Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables en el 2021 emitió dos regulaciones concernientes a la generación distribuida. (ARCERNNR, 2023).

### **3.2. Resolución ARSERNNR 08/23**

#### **3.2.1. Definición de generación distribuida**

Los sistemas de generación distribuida (GD) son denominado pequeños generadores que pueden interconectarse a un punto de la red de distribución, aportando beneficios técnicos en función a la sostenibilidad del sistema.

#### **3.2.2. Normativas internacionales que respaldan la resolución**

##### **A. IEEE 1547. Sistemas de generación distribuida.**

La IEEE (Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos) en su estándar 1547 define a la generación distribuida como una fuente de energía que no está conectada directamente a un sistema de transmisión. La GD incluye generadores y dispositivos de almacenamiento capaces de exportar energía activa a la red. Por otro lado, la ARCERNNR define a la GD como pequeñas centrales de generación instaladas cerca del consumo y conectadas a la red de la distribuidora. (ARCERNNR, 2023).

### **3.2.3. Alcance del sistema.**

La regulación ARSERNNR 08/23 menciona que las SGDA (sistema de generación de autoabastecimiento deben tener una potencia instalada no mayor a los 2MW.

### **3.2.4. Caracterización de la generación distribuida para auto abastecimiento.**

En un SGDA estará ubicado cerca del área de servicio del abonado, sin embargo, para la operación de este se necesita cumplir con las siguientes condiciones:

- a) Su potencia nominal es menor a 2 MW.
- b) Los sistemas deben estar en sincronía, mismo voltaje y frecuencia, se puede conectar en paralelismo.
- c) Permite el aprovechamiento de recursos energéticos distribuidos que se encuentran en el área de servicio de la Distribuidora.
- d) Utiliza cualquier fuente de energía renovable con o sin almacenamiento de energía (Baterías). (ARCERNNR, 2023).

### **3.2.5. Especificaciones y requerimientos.**

para poder conectar un SGDA, se debe primero contar con una certificación que abale el proyecto previo a la instalación. La empresa distribuidora será aquella que revise la información pertinente para emitir dicho certificado, en caso de que ARCERNNR solicite información adicional este lo hará saber por medio de la distribuidora al cliente.

La información solicitada contara con la capacidad instalada, la memoria técnica, un estudio de puesta a tierra, coordinación de protecciones y selección de equipos que cumplan con los estándares de la norma IEEE 1547 la cual establece ciertas especificaciones y requerimientos necesarios para que la fuente distribuida opere sin afectar el área del sistema de potencia al que se conecte.

### **3.2.6. Regulación de voltaje.**

La norma que los GD no regulan el voltaje de manera activa, salvo que el operador determine un nivel específico para su conveniencia. Debido a la posibilidad en que la SGDA lleve al voltaje de la red fuera de los rangos permitidos generando problemas a la red. El generador es capaz de regular el nivel de voltaje y sincronízalo al sistema. (ARCERNNR 13/2021, 2021).

### **3.2.7. Calidad de la energía.**

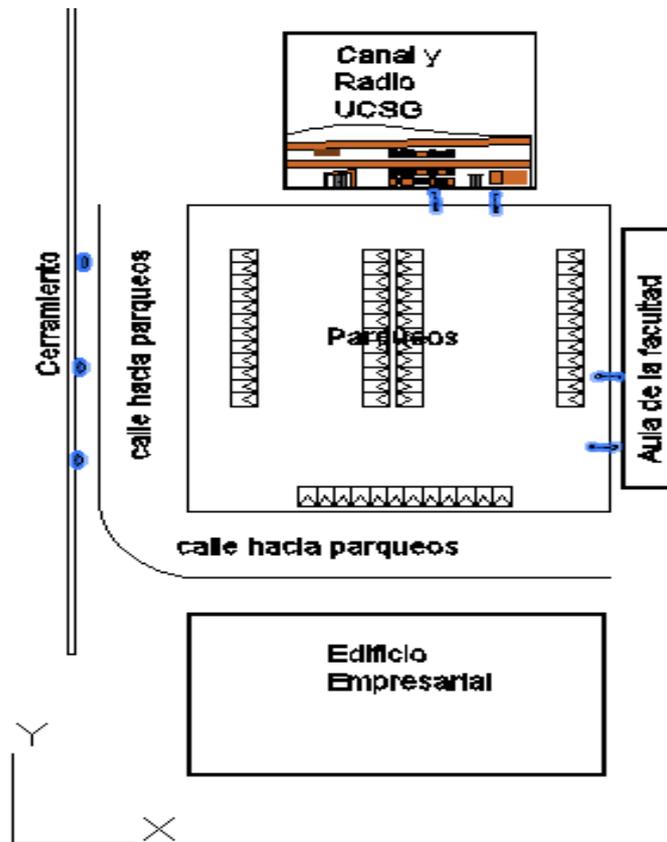
La norma establece preservar la calidad de la energía en la red eléctrica por lo que es fundamental que los SGDA que inyecten a la red un excedente de energía estén sintonizados con la red de distribución siendo estos sus parámetros la frecuencia, voltaje y secuencia de fase. El objetivo es que la SGDA mediante sistemas de micro generación aporte una pequeña cantidad en diferentes puntos de la red proporcionando una energía adicional que permite a la red operar entre un aumento de demanda por los usuarios. (ARCERNNR, 2023).

## CAPÍTULO 4: ESTUDIO DE SISTEMA DE ALUMBRADO EXTERIOR

### 4.1. Disposición del área.

Se muestra un plano de la disposición actual de los siete Reflectores en un área de 48.00 m de ancho y 47.00 m de largo con un total de 2256 m<sup>2</sup>; Se realiza un examen de este plano con el fin de conocer la superficie para los siguientes cálculos. La figura 15 presenta el plano actual de los reflectores.

Figura 15. Plano actual de la ubicación de los reflectores en parqueadero Canal TV



Nota: se evidencian 7 reflectores posicionados entre el canal y pared que linda a la montaña Fuente:

Autores, 2024

### 4.2. Disposición de luminarias.

Se detallan las 7 luses existentes en el parqueadero de Canal TV y Radio UCSG, donde se estudiará si son adecuados o no, ya sea por su

ubicación, montaje, lúmenes, capacidad o mecánica, según las reglas INEN y normas europeas tienen que ser las adecuadas para el uso en el lugar ya mencionado. En la siguiente tabla 1 muestra cómo debe ser el funcionamiento actual de los reflectores:

Tabla 1. Estado de los reflectores

<b>Funcionamiento actual de los reflectores</b>	
<b>Funcionamiento</b>	<b>Alumbrados</b>
Operativa	L1, L2, L3, L4, L5
No operativas	L6, L7

*Nota: se evidencian 5 reflectores operativos y dos dañados Fuente: autores, 2023*

Mientras que, en la tabla 2 se exponen los datos técnicos de los reflectores actuales:

Tabla 2. Datos técnicos de los reflectores

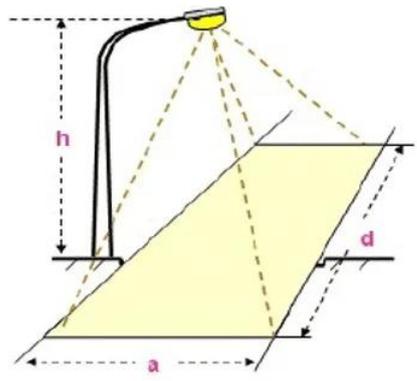
<b>Datos técnicos de los reflectores actuales</b>					
<b>Número</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Potencia</b>	<b>Flujo luminoso</b>	<b>Ángulo de apertura</b>
<b>4</b>	Sylvania	Reflector led jeta	200 W	18000 lm	120 º
<b>3</b>	Sylvania	Reflector led jeta	150 W	13500 lm	120 º

*Nota: principales características técnicas de los reflectores como potencia, flujo luminoso y ángulo de apertura Fuente: autores, 2023*

### 4.3. Información básica sobre luminotecnia.

En este apartado se realiza la medición de los números de lux existentes en el estacionamiento de Canal Tv y Radio. Esto es gracias al uso de un dispositivo llamado luxómetro, del que hablará con más detalle a continuación. Por ejemplo, en la figura 16 se muestra la distribución rectangular de luz en las luminarias de alumbrado público LED.

Figura 16. Distribución rectangular de la luz en lámparas de alumbrado publico



Nota: el flujo luminoso depende de la altura y la inclinación de la luminaria Fuente: DUMALUX,2023

### 4.4. Medidor de luz.

Se utilizo un luxómetro con el objetivo de conocer los luxes emitidos por los reflectores actuales, la figura 17 muestra el equipo usado para el levantamiento.

Figura 17. Equipo de medición de luz



Nota: Luxómetro digital Fuente: Vinueza, 2023

#### 4.5. Medición de luxes de las luminarias del parqueadero.

Valores en lux dependiendo de la altura del luxómetro desde el suelo, con el reflector fuera del edificio del canal tv y radio UCSG (L1). En la tabla 3 se pueden ver las medidas:

Tabla 3. Medida de lux reflector 1

Medida en lux de reflector L1	
Metros (m)	Luxes (lx)
2	7,95
4	13,72
6	71,40

Nota: Toma de medida con luxómetro en diferentes distancias con respecto a la luminaria Fuente:

Autores, 2023

Valores en lux dependiendo de la altura del luxómetro desde el suelo, con el reflector fuera del edificio del canal tv y radio UCSG (L2). Ver tabla 4

Tabla 4. Medida de lux reflector 2

Medida en lux de reflector L2	
Metros (m)	Luxes (lx)
2	6,95
4	12,6
6	55,5

Nota: Toma de medida con luxómetro en diferentes distancias con respecto a la luminaria Fuente:

Autores, 2023

Valores en lux dependiendo de la altura del luxómetro desde el suelo, con el reflector que se encuentra a un costado del edificio del canal tv y radio UCSG (L3). Ver tabla 5.

Tabla 5. Medida de lux reflector 3

<b>Medida en lux de reflector L3</b>	
<b>Metros (m)</b>	<b>Luxes (lx)</b>
2	5,2
4	9,2
6	16,4

Nota: Toma de medida con luxómetro en diferentes distancias con respecto a la luminaria Fuente:

Autores, 2023

Valores en lux dependiendo de la altura del luxómetro desde el suelo, con el reflector que se encuentra en el cerro a un costado del edificio del canal tv y radio UCSG (L4). Ver tabla 6.

Tabla 6. Medida de lux reflector 4

<b>Medida en lux de reflector L4</b>	
<b>Metros (m)</b>	<b>Luxes (lx)</b>
2	5,0
4	9,6
6	18.6

Nota: Toma de medida con luxómetro en diferentes distancias con respecto a la luminaria Fuente:

Autores, 2023

Valores en lux dependiendo de la altura del luxómetro desde el suelo, con el reflector que se encuentra en el cerro a un costado del edificio del canal tv y radio UCSG (L5). Ver tabla 7.

Tabla 7. Medida de lux reflector 5

<b>Medida en lux de reflector L5</b>	
<b>Metros (m)</b>	<b>Luxes (lx)</b>
2	5,2
4	9,2
6	17.4

Nota: Toma de medida con luxómetro en diferentes distancias con respecto a la luminaria Fuente:

Autores, 2023

Valores en lux dependiendo de la altura del luxómetro desde el suelo, con el reflector que se encuentra en la facultad técnica para el desarrollo UCSG (L6). Ver tabla 8.

Tabla 8. Medida de lux reflector 6

<b>Medida en lux de reflector L6</b>	
<b>Metros (m)</b>	<b>Luxes (lx)</b>
2	0.25
4	1,4
6	2.2

*Nota: Toma de medida con luxómetro en diferentes distancias con respecto a la luminaria Fuente:*

*Autores, 2023*

Valores en lux dependiendo de la altura del luxómetro desde el suelo, con el reflector que se encuentra en la facultad técnica para el desarrollo UCSG (L7). Ver tabla 9.

Tabla 9. Medida de lux reflector 7

<b>Medida en lux de reflector L7</b>	
<b>Metros (m)</b>	<b>Luxes (lx)</b>
2	5,2
4	9,2
6	16,4

*Nota: Toma de medida con luxómetro en diferentes distancias con respecto a la luminaria Fuente:*

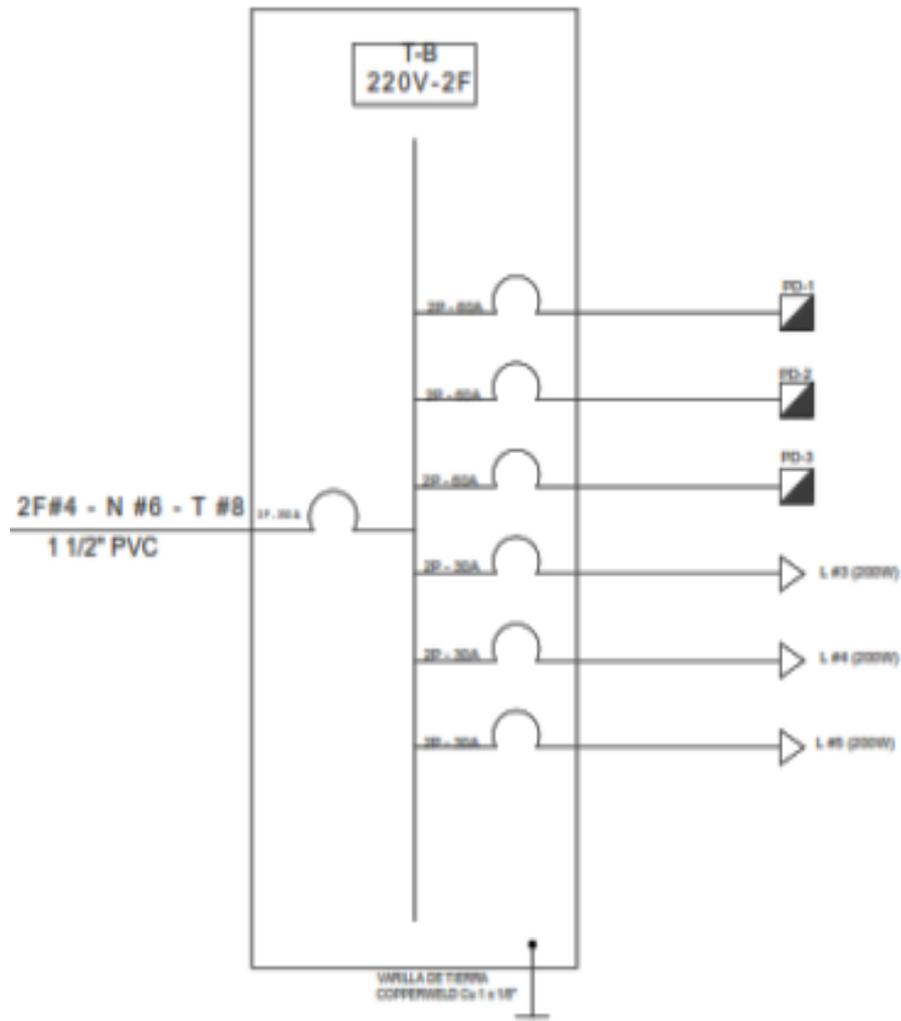
*Autores, 2023*

#### 4.6. Diagrama unifilar

Esquema del cuadro eléctrico de alimentación de los dos reflectores situados en el exterior del edificio de Canal Tv y Radio UCSG, según plano mostrado anteriormente, reflectores L1 y L2.

Esquema unifilar del cuadro eléctrico que alimenta los reflectores ubicados en el cerro/muro o linderos del canal tv y radio UCSG (L3, L4 y L5). En la figura 18 se puede ver un diagrama unifilar 1.

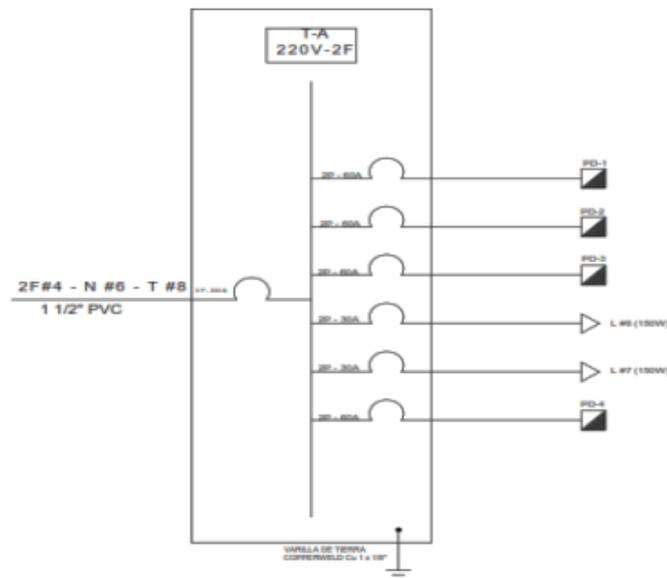
Figura 18. Diagrama unifilar 1



Nota: Tablero de distribución monofásico de 3 hilos que alimenta luminarias Fuente: Armijo; Campusano, 2023

Esquema unifilar del cuadro eléctrico que alimenta los reflectores de la cubierta del Bloque B del edificio de la Facultad Técnica de Educación para el desarrollo UCSG (L6 y L7). En la figura 19 se presenta el diagrama unifilar 2.

Figura 19. Diagrama unifilar 2



Nota: Tablero de distribución monofásico de 3 hilos que alimenta luminarias Fuente: Armijo; Campusano, 2023

#### 4.7. Luminarias propuestas

Después del análisis de luxes, para mejorar la calidad lumínica del parqueadero de canal TV, se pretende instalar Proyector de 600W y 84000lumenes que trabajan a 220V. Por lo tanto, cada reflector puede cuenta con un diseño ajustable para adaptarse al ángulo de inclinación hasta 180° cuenta con tecnología LED de alta eficiencia energética y puede soportar perturbaciones magnéticas en el medio ambiente. A continuación, se detallan las características de la luminaria propuesta.

- Peso 18,5 kilogramos
- Temperatura de trabajo: 50 °C
- Rango de volteje de suministro (máx.) 240 voltios

- Rango de tensión de alimentación (mín.) 100 voltios
- Grado de protección: IP66
- Grado de protección contra golpes: IK09
- Tipo de alimentación de tensión AC/DC

Carcasa: de alta resistencia mecánica fabricada en aluminio y pintada con pintura electroestática color negro y soportes de acero inoxidable (Beghelli, 2013). En la figura 20 el proyector solar propuesto.

Figura 20. Proyector led



Fuente: Proyector SpA- 40704 POTENCIA L 600W Fuente: Beghelli, 2013

En la siguiente tabla 10 se hace una presentación de las características técnicas de la luminaria.

Tabla 10. Características técnicas de luminaria propuesta

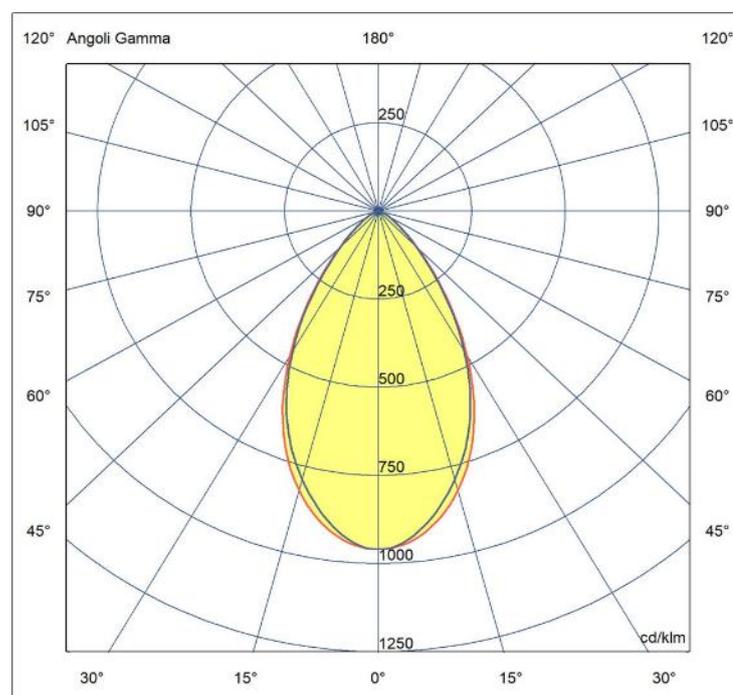
<b>Especificaciones técnicas de la luminaria</b>	
<b>Medidas</b>	<b>Valores</b>
Poder absorbido ( <b>P</b> )	600 W
Flujo de luminaria ( <b>Φ</b> )	84.000 lm (lúmenes)
Eficiencia lumínica	140 lm/W
Tensión nominal ( <b>CA</b> )	220 V

Nota: Reflectores con alto flujo luminoso para ambientes de intemperie Fuente: Autores, 2023

Una curva fotométrica es una representación gráfica bidimensional de la forma o distribución de la luz emitida por una luminaria en el espacio. Es común cortar proyecciones de luz a lo largo de un plano longitudinal en un ángulo de 90°, pero este tipo de cortes también se pueden encontrar en un plano transversal de 0°. En estas curvas lo que se representa es la distribución de la intensidad luminosa en base a coordenadas polares, centrada en la luminaria cuya intensidad es cero y cuya intensidad máxima está en el punto más alejado del centro.

En la figura 21 muestra la intensidad de la luz polar, mostrando la distribución de la luz en los planos transversal y axial de la luminaria. Es de esta forma que la curva proporciona una guía visual del tipo de distribución que se espera de la luminaria, en este caso el ángulo de haz es de 25° (Abril, 2017)

Figura 21. Magnitud resplandeciente polar

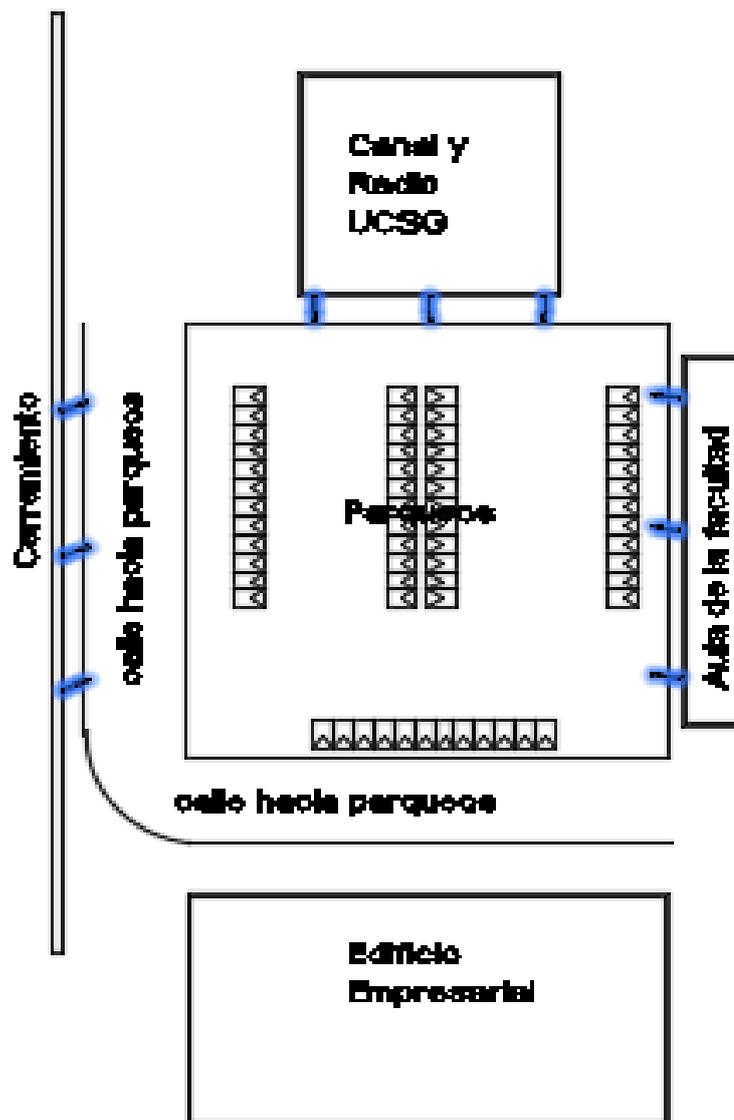


Fuente: Dialux, 2023

#### 4.8. Plano propuesto con posición de nuevos reflectores

Plano del nuevo diseño de las luminarias en el parqueadero del canal y radio UCSG, utilizando software AutoCAD se posiciono las 9 luminarias en función a las zonas que necesitan visibilidad como se muestra a continuación en la figura 22.

Figura 22. Ubicación de proyectores propuestos



*Nota: reflectores ubicados a una distancia considerable para preservar el flujo luminoso en la zona de trabajo Fuente: Dialux, 2023*

#### 4.9. Reporte luminotécnico

Quien determina realmente la potencia lumínica de una luminaria es la EFICIENCIA, pues es quien define cuantos lúmenes produce el conjunto lumínico por cada Watt consumido.

En la tabla 11 se puede ver la disposición de los proyectores.

Tabla 11. Reporte luminotécnico de los proyectores

<b>Disposición de los proyectores</b>			
<b>X(m)</b>	<b>Y(m)</b>	<b>Altura de montaje(m)</b>	<b>Proyectores</b>
18.674	50.072	6.100	1
44.988	22.975	6.100	2
19.400	48.090	6.100	3
28.900	32.050	6.100	4
44.988	22.975	6.100	5
11.756	9.714	6.100	6
14.756	8.714	6.100	7
35.988	22.975	6.100	8
44.988	22.975	6.100	9

Nota: disposición y altura de los proyectores Fuente: Autores, 2023

#### 4.10. Cálculo de flujo luminoso y potencia

La tabla 12 muestra los cálculos totales de potencia lumínica, el flujo y la eficiencia de los proyectores siendo los siguientes:

Tabla 12. Reporte luminotécnico de los proyectores

<b>Cálculos totales de potencia, flujo y eficacia</b>					
<b>Proyectores</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>P</b>	<b>Φ</b>	<b>Eficacia luminosa</b>
<b>9</b>	Beghelli SpA	Powers L 600 W	600 W	84.000 lm	140 $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$
			<b>P<sub>t</sub></b>	<b>Φ<sub>t</sub></b>	<b>Eficiencia lumínica</b>
			5400 W	756000 lm	1260 $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$

Nota: cálculo de flujo lumínico total Fuente: Autores, 2023

#### 4.11. Cálculos generales

Cálculos totales de las luces que deberían existir en el estacionamiento, tomando en cuenta que el software asume un factor de demanda del 100%. En la tabla 13

Tabla 13. Cálculos totales.

<b>Cálculos totales</b>			
<b>Propiedad</b>	<b>E</b>	<b>E<sub>min</sub></b>	<b>E<sub>max</sub></b>
Luminancia perpendicular	226 lux	10.20 lux	1738 lux

Nota: cálculo de luxes mínimos y máximos en luminaria perpendicular Fuente: Autores, 2023

#### 4.12. Tamaño de los materiales

Para la selección de materiales, comenzamos con la protección la cual se obtiene conociendo la corriente eléctrica como se muestra en la ecuación 2.

$$I = \frac{P}{V} \quad (2)$$

$$I = \frac{600W}{220V}$$

$$I = 2.7272A$$

El disyuntor para usar por circuito será tipo riel din 2P-20A, lo que lo hace adecuado para una protección efectiva de cada carga conectada. En la figura 23 se muestra un disyuntor bifásico.

Figura 23. Disyuntor bifásico.



Nota: disyuntor montado sobre riel din Fuente: Siemens, 2014

La corriente total del tablero se calculará tomando los 3 circuitos compuestos por 3 reflectores y a esto se lo multiplica por el factor de demanda la cual para efectos de este estudio se determina que será de 70%, la resultante se divide para el voltaje de operación como se muestra en la ecuación 3

$$I = \frac{(P_{\text{circuito 1}} + P_{\text{circuito 2}} + P_{\text{circuito 3}})FD}{V} \quad (3)$$

$$I = \frac{[(600W \times 3) + (600W \times 3) + (600W \times 3)] \times 0,7}{220V}$$

$$I = 17.18A$$

El consumo total de corriente se calcula en 17.18 A, por tanto, la protección será un disyuntor 2P-20A tipo riel din.

### Calibre de los cables

La corriente total calculada fue de 17.18 A, por tanto, la selección del calibre considerando la caída de tensión por los metros lineales que recorre el alimentador hasta llegar a las lámparas se considera 2#10 TTU y los chicotes que conectan a la luminaria 2#10 TTU, la tabla 14 muestra la ampacidad de los conductores seleccionados.

Tabla 14. Tabla de calibre de conductores de cobre

<b>CALIBRE DE LOS CONDUCTORES</b>		
<b>Sección AWG</b>	<b>Sección <math>mm^2</math></b>	<b>Corriente A</b>
20	0.5	3
18	1	7
16	1.5	10
14	2.5	15
12	4	20
10	6	30
8	10	40
6	16	55
4	25	70

Nota: tabla de calibre de conductores según sección y corriente Fuente: Autores, 2023

## CAPITULO 5

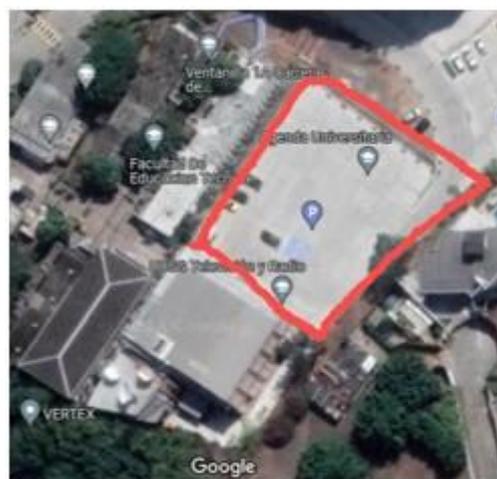
### 5. ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO FOTOVOLTAICO

En este capítulo se realizará a continuación el diseño del sistema fotovoltaico para el parqueadero del canal tv y radio UCSG, mediante el estudio de la demanda para el abastecimiento eléctrico de las luminarias que está dentro del trabajo de integración curricular.

#### 5.1. Identificación de la zona de parqueadero del canal tv y radio UCSG.

Para el sistema fotovoltaico en base al objetivo específico de nuestro trabajo de integración curricular identificamos a la zona del parqueadero del canal tv y radio UCSG la cual se encuentra ubicada en la ciudad de guayaquil, en una zona geográfica que corresponde a los puntos cartesianos La-2.1831466 – Lo-79.902879,67. La ubicación satelital del área del parqueadero de la UCSG se presenta a continuación en la figura 24 y 25.

Figura 24. Ubicación satelital del área del parqueadero UCSG



Fuente: Google Earth, 2023

En la figura 24 está marcado con rojo el área de estudio donde serán ubicado las 9 luminarias en los lugares ya señalados con anterioridad, mientras que en la figura 25, el área marcada con verde se trata de la zona donde podrían ser ubicadas los paneles solares ya que es el lugar adecuado para recibir los rayos del sol sin ningún obstáculo o impedimento ya sean por edificios o árboles en el lugar.

Figura 25. Ubicación satelital del área del parqueadero UCSG



Fuente: Google Earth, 2023

Esto ayudará a que tengan una buena iluminación en el sector y ser aprovechado por todos los usuarios principalmente para las autoridades y colaboradores del prestigioso canal tv y radio UCSG como también para los profesores y estudiantes de la facultad técnica eléctrica y agropecuaria.

## 5.2. Cálculos de Sistema Fotovoltaico.

El cálculo de la potencia de las farolas LED se realiza utilizando la fórmula básica de la ley de Ohm, que establece que la potencia (W) es igual al producto del voltaje (V) por la corriente (A).

### 5.2.1. Potencia Individual por proyector:

La Potencia (W) Individual por proyector=  $220V \times 2.7272A = 599.98W$   
 $\approx 600W$ . Esto significa que cada farola LED tiene una potencia de aproximadamente 600 Watios como lo muestra la ecuación 4

$$P = V * I \quad (4)$$

$$P = 220V * 2.7272A$$

$$P = 599.98 W \text{ o } 600W$$

### 5.2.2. Potencia Total de los proyectores:

La Potencia (W) Total del proyector = Potencia (W) Individual Por Farola (600W) por Número de proyector (9). La potencia total consumida por las 9 farolas LED es de 5400 vatios como lo muestra la ecuación 5.

$$\text{Potencia (W)Total De Las Farolas} = 600 W * 9 \text{ farolas} \quad (5)$$

$$\text{Potencia (W)Total De Las Farolas} = 5400 \text{ vatios}$$

### 5.2.3. Consumo diario:

La potencia (W) Total de los proyectores es (5400W). Si las Farolas operan durante (12 horas) nos da (64800 W/h), Sabiendo que 1 kW tiene 1000 W, tenemos que dividir los 64800 W/h para 1000 kW y nos da 64.8 kilovatios-hora (kWh).

### 5.3. Característica del panel solar.

Para este proyecto de estudio se utilizarán los paneles solar fotovoltaicos de 680 Watts monocristalinos (sunevo, 2011) cuyos detalles se aprecian en la tabla 15.

Tabla 15. Ficha técnica de panel solar

<b>Marca:</b>	<b>SunEvo</b>
Rango de poder	680 – 700 W
Máx. Eficiencia:	22,5 %
Potencia máxima (Pmax/W)	700 W
Tensión de potencia máxima (Vmp/V)	41,49
Corriente de potencia máxima (Imp/A)	16.31
Voltaje de circuito abierto (Voc/V)	49,5
Corrientes de corto circuito (Isc/A)	17.19
Eficiencia del módulo (%)	21.9
Tolerancia de salida de potencia (W)	0~+5W
Coeficiente de temperatura de Isc	+0,04%/°C
Coeficiente de temperatura de Voc	-0,24%/°C
Coeficiente de temperatura de Pmax	-0,26%/°C

Fuente: (sunevo, 2011)

El Factor de Llenado (FF) es un parámetro importante en la caracterización de un panel solar y se calcula mediante la ecuación 6.

$$FF = \left( \frac{\text{Rango de poder del panel solar (W)}}{\text{Voltaje de circuito abierto} \cdot \text{Corriente de cortocircuito}} * 100 \right) \quad (6)$$

También se puede expresar en términos de la potencia máxima ( $P_m$ ), el voltaje de circuito abierto ( $V_{oc}$ ) y la corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) como lo muestra la ecuación 7:

$$FF = \left( \frac{P_m}{V_{oc} * I_{sc}} * 100 \right) \quad (7)$$

Se proporciona la potencia máxima ( $P_m$ ) del panel solar SunEvo como 680W, el voltaje de circuito abierto ( $V_{oc}$ ) como 49.5V y la corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) como 17.19A. Por lo tanto, el Factor de Llenado (FF) para el panel solar SunEvo es aproximadamente 79.9149% como lo muestra la ecuación 8.

$$FF = \left( \frac{680W}{49.5 V * 17.19 A} * 100 \right) \approx 79.9149\%$$

Este valor indica la eficiencia del panel para convertir la luz solar en electricidad y es crucial para evaluar el rendimiento del panel en condiciones reales de operación. Un FF más alto generalmente indica un mejor rendimiento del panel solar.

#### **5.4. Radiación solar en el día la hora pico.**

Ecuador es un país privilegiado por su ubicación geográfica, ya que tenemos una hora pico de sol promedio de 4 a 5 horas diarias. En la figura 26 se muestra la radiación solar global del canal TV UCSG.

Figura 26. Radiación solar global

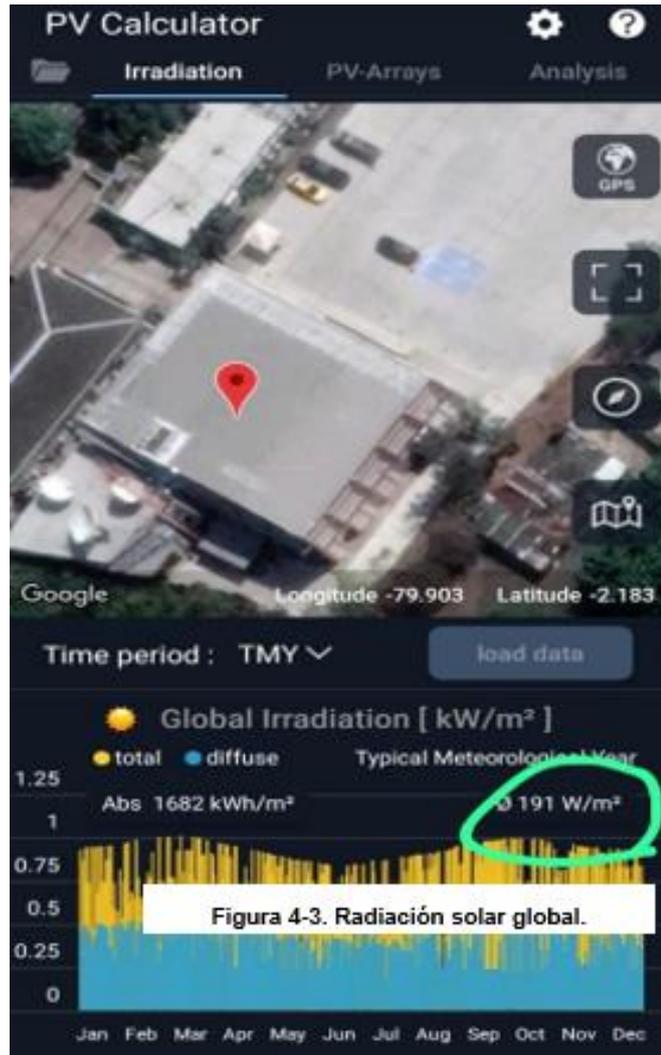


Figura 4-3. Radiación solar global.

Fuente: PVCalculator, 2023

Segundo paso, como ya tenemos el valor del consumo de energía diario se procede a realizar un cálculo entre el consumo diario y la hora solar pico como se muestra en la ecuación 9 y teniendo como resultante la potencia del conjunto, para sacar el número de módulos se divide dicha potencia para el módulo como se aprecia en la ecuación 10.

$$Potencia\ Conjunto\ fotovoltaico = \frac{Consumo\ diario}{Hora\ sol\ pico} \quad (8)$$

$$Potencia\ Conjunto\ fotovoltaico = \frac{64800Wh}{4h} = 16200W$$

### **Cantidad de paneles solares:**

$$\# \text{ Paneles} = \frac{\text{Potencia conjunto fotovoltaico}}{\text{potencia por unidad}} \quad (9)$$

$$\# \text{ Paneles} = \frac{16200W}{680W} = 23,8235 \approx 24$$

La fórmula establecida implica calcular el número de paneles solares necesarios para cubrir la potencia de los LED, y se determinó que se requieren 24 paneles solares en paralelo. Sin embargo, en la práctica, no es posible tener una fracción de un panel solar, por lo que se ha redondeado al número entero más cercano, resultando en la necesidad de 24 paneles solares en paralelo.

Este redondeo es común en aplicaciones prácticas, ya que no se pueden utilizar fracciones de paneles solares en configuraciones físicas. Al redondear al entero más cercano, se obtiene una solución realista y manejable para la instalación del sistema solar, facilitando la implementación del número total de paneles solares necesarios para satisfacer la potencia requerida por los LED.

### **5.5. Cálculo para la selección del regulador de cargas.**

La expresión proporcionada calcula la corriente de entrada en un sistema solar, considerando la corriente de cortocircuito de los paneles solares y el número de paneles solares conectados en paralelo.

$$I_{\text{entrad}} = (1.25)(I_{\text{sc corriente de cortocircuito}})(N. \text{ paneles en paralelo}) \quad (10)$$

$$I_{\text{entrada}} = (1.25)(17.19 \text{ A})(24) = 103.14 \text{ A}$$

Dando un ejemplo con valores específicos, se ha utilizado una corriente de cortocircuito de 17.19 amperios y se han conectado 24 paneles solares en paralelo.

La constante 1.25 en la fórmula es el factor de seguridad o corrección aplicado para tener en cuenta variaciones o condiciones específicas del sistema. En este caso, el resultado es 103.14 amperios, que representa la corriente total de entrada al sistema solar, considerando la configuración específica de paneles solares en paralelo y la corriente de cortocircuito de esos paneles. En la figura 27 y tabla 16 muestran las características técnicas controlador solar propuesto.

Figura 27. Inversor híbrido



Fuente: SolarPower, 2018

## 5.6. Características del Regulador.

Como se aprecia en la siguiente tabla 16 su rango, potencia y la garantía.

Tabla 16. Características técnicas del controlador

<b>Característica</b>	<b>Detalles</b>
Se puede personalizar	Sí
Número de modelo	MPPT-SS36120
Aplicación	Controlador de cargador, Controlador de voltaje, Controlador de sistema solar, Estación de trabajo solar
Certificación	CE, FCC, RoHS
Origen	CN (China)
Tamaño de apariencia	216203106.8 mm
Corriente	150A de entrada
Voltaje nominal	40 - 48V
Garantía	2 años

Fuente: autores, 2023

## 5.7. Cálculo del número de baterías para el sistema.

El cálculo del número de baterías para el sistema se realiza considerando la potencia nominal de la batería y la potencia de consumo diario.

Se calcula multiplicando el voltaje nominal de la batería por su capacidad nominal como se aprecia en la ecuación 12.

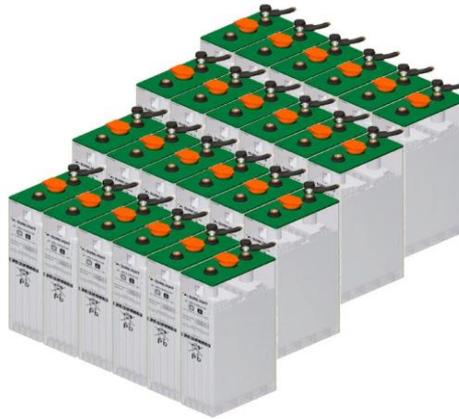
$$\text{Potencia nominal de la batería} = (48 \text{ V})(600\text{Ah}) = 28800 \text{ Wh} \quad (11)$$

$$N. \text{ de Baterías} = \left( \frac{\text{Potencia de consumo al día}}{\text{Potencia de la Batería}} \right)$$

$$N. \text{ de Baterías} = \left( \frac{64800\text{Wh}}{28800 \text{ Wh/Batería}} \right) = 2.25 \approx 3 \text{ Baterías}$$

Dado que no se pueden tener fracciones de baterías, se redondea al número entero, resultando en aproximadamente 3 baterías necesarias. En la figura 28 se muestra un banco de baterías donde los 4 ramales dan 48vDC.

Figura 28. Banco de batería



Fuente: CSB, 2021

### 5.8. Cálculo para la selección del inversor en el sistema.

El cálculo para la selección del inversor en el sistema se realiza considerando la potencia de las cargas de corriente alterna como lo muestra la ecuación 13.

$$P_{\text{inversor}} = (1.25)(\text{Potencia de las cargas de alterna}) \quad (12)$$

$$P_{\text{inversor}} = (1.25)(5400) = 6750 \text{ W}$$

Este cálculo proporciona la potencia mínima requerida del inversor para manejar las cargas de corriente alterna, teniendo en cuenta un factor de seguridad del 25%. En la figura 29 se muestra un inversor propuesto.

Figura 29. Inversor solar



Fuente: Cosuper, 2022

El inversor seleccionado es el modelo (LPT7000W), incluyendo el voltaje de entrada DC, la salida de CA, la potencia nominal y máxima (pico), y la forma de onda de la salida. La potencia del inversor calculada (6750W) es inferior a la capacidad nominal del inversor (7000W), lo que indica que el inversor seleccionado es suficiente para manejar las cargas de corriente alterna del sistema con un margen de seguridad. En la tabla 17 se presentan las características del inversor.

Tabla 17. Características de inversor

Característica	Detalles
Modelo	LPT7000W
Voltaje de entrada DC	48V
Salida de CA	220-250V
Potencia	7000W
Forma de Onda	Onda sinusoidal pura
Pico de Potencia	18000W

Fuente: Los autores, 2023

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Existen beneficios positivos con la regulación ARCERNNR 08/23 a los usuarios que cuenten con un sistema de generación distribuida por fuente renovable, viendo un ahorro energético reflejado en la disminución de la energía facturada y el excedente de energía del generador es usado como crédito a favor mediante la medición y facturación neta.

El diseño lumínico concluye con la adaptación de 9 proyectores led de 600W que estarán independizados por un tablero de control de luces mismo que contara con una protección principal 2P-20A y un alimentador sobredimensionado por la caída de tensión.

El diseño fotovoltaico concluyo con un sistema de 16200W con 24 paneles policristalinos de 680W con un arreglo que entrega un voltaje de operación de 48VC mismo que pasara al controlador e inversor, siendo el sistema en horario diurno alimentado por el sol y cargando las baterías y en horario nocturno las baterías mediante un circuito accionado por fotocélula enciendan los reflectores.

## Recomendaciones

**Amortización del Sistema Fotovoltaico:** Se sugiere llevar a cabo cotizaciones detalladas de los equipos con sus respectivos fabricantes, junto con un análisis exhaustivo de los precios unitarios asociados a la instalación. Este enfoque permitirá determinar con mayor precisión el ahorro real para el usuario, no limitándose únicamente a la facturación eléctrica. Al obtener una comprensión más completa de los costos y beneficios, se facilitará la evaluación de la amortización del sistema fotovoltaico a lo largo del tiempo.

**Evaluación de Flujo de Potencia Inverso:** Con la entrada en operación de la subestación eléctrica, resulta crucial evaluar la probabilidad de que se genere un flujo de potencia inverso en el transformador de potencia debido a la generación del sistema fotovoltaico. Aunque la formación de este fenómeno parece poco probable según los altos consumos detallados en las planillas, se recomienda realizar un estudio de carga durante el día de menor demanda en el predio. Este análisis proporcionará evidencias concretas para descartar cualquier posibilidad de manera concluyente.

**Plan de Mantenimiento Integral:** Para asegurar un funcionamiento óptimo y garantizar que los resultados de simulación se reflejen de manera precisa en la realidad, se aconseja desarrollar un plan de mantenimiento integral. Este plan debe abordar aspectos cruciales como el lavado regular de los paneles solares, la inspección y ajuste de conexiones, la revisión de puestas a tierra, y la limpieza periódica del inversor y demás equipos presentes en el centro de transformación. Mantener estos protocolos de mantenimiento contribuirá significativamente a la eficiencia y durabilidad a largo plazo del sistema fotovoltaico.

## Bibliografía

- Abril, I. D. (2017). *Volumen I Memoria técnica*. Catalunya: Universitat Politecnica de catalunya. Fonte: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/117719/Volumen%20I\\_MEMORIA.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/117719/Volumen%20I_MEMORIA.pdf)
- ACEVEDO, G. F. (2016). Fuentes de energía renovable. Em G. F. ACEVEDO, & E. BOJACÁ (Ed.), *Fuentes de energía renovable* (p. 60). BOGOTÁ, Colombia . Acesso em 15 de 11 de 2023, disponível em <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/11352/10097742.pdf?sequence=1#1.%20%C2%BFC%C3%93MO%20EL%20DISE%C3%91O%20DE%20UN%20SISTEMA%20FOTOVOLTAICO%20DE%203KW%20PERMITIR%C3%81%20SUPLIR%20NECESIDADES%20DE%20ENERG%C3%8DA%20EL%C3%89CTRICA%20EN%20T>
- ACP. (septiembre de 2020 de 2020). *¿Para qué Sirve el Petróleo? Los 6 Usos Más Comunes*. Fonte: Asociación Colombiana del Petróleo y Gas.
- AliExpress. (15 de 03 de 2022). *aliexpress*. Fonte: [aliexpress.com/item: https://es.aliexpress.com/item/1005003096899546.html](https://es.aliexpress.com/item/1005003096899546.html)
- amazon. (02 de 01 de 2020). *amazon*. Fonte: [customerservice: https://www.amazon.com/-/es/gp/help/customer/display.html?nodeId=508510&ref\\_=nav\\_cs\\_customerservice](https://www.amazon.com/-/es/gp/help/customer/display.html?nodeId=508510&ref_=nav_cs_customerservice)
- AMPERIOS, B. Y. (15 de 05 de 2021). *producto/bateria-solar*. Fonte: [bateriasyamperios: https://bateriasyamperios.com/producto/bateria-solar-48v-600ah-sopzs/](https://bateriasyamperios.com/producto/bateria-solar-48v-600ah-sopzs/)
- ARCERNNR. (2023). *Marco normativo de la Generación Distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica*. Quito: Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Renovables y no Renovables. Fonte: [https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/res\\_nro\\_\\_arcernnr-013-2021.pdf](https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/res_nro__arcernnr-013-2021.pdf)

- Areatecnologia. (2022). *Areatecnologia*. Fuente: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/puesta-a-tierra.html>
- Armijos-Campuzano. (2023). *Estudio para el mejoramiento de la red de alumbrado en el parqueadero de Canal TV y Radio de la UCSG a través de un sistema de control y mando*. Guayaquil.
- BBVA. (2 de julio de 2021). *¿Qué es el combustible fósil? La energía que se obtiene de la materia orgánica*. Fuente: Banco Bilbao Vizcaya Argentaria: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-combustible-fosil-la-energia-que-se-obtiene-de-la-materia-organica/>
- Beghelli. (2013). *Beghelli*. Fuente: <https://www.beghelli.it/en/products/beghelli-lighting/projector/power-light/40704>
- Bellido, M. D. (4 de Diciembre de 2019). *rodin.uca.es*. Fuente: [rodin.uca.es: https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/22384/TFM\\_Fuentes\\_Pablo\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/22384/TFM_Fuentes_Pablo_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- bpecuador. (2023). *bpecuador*. Fuente: <https://bpecuador.com/>
- Cachorro, R. V. (2008). *LA RADIACIÓN SOLAR EN EL SISTEMA TIERRA-ATMÓSFERA* (Vol. 1). (Publibook, Ed.) Paris, France : Editions Publibook. doi:ISBN: 978-84-8448-484-4
- Caicedo, G. (2017). *Curso de energía fotovoltaico*. España: Solar Energy.
- Caralyn Zehnder, K. M. (2018). *Introduction to Environmental Science*. Georgia: 2nd Edition . Fuente: [https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa\\_Ambiental\\_%28Sustentabilidad\\_y\\_Conservaci%C3%B3n%29/Libro%3A\\_Introducci%C3%B3n\\_a\\_la\\_Ciencia\\_Ambiental\\_%28Zehnder\\_et\\_al.%29/5%3A\\_Energ%C3%ADa\\_alternativa/5.4%3A\\_Energ%C3%ADa\\_E%3%B3lica](https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa_Ambiental_%28Sustentabilidad_y_Conservaci%C3%B3n%29/Libro%3A_Introducci%C3%B3n_a_la_Ciencia_Ambiental_%28Zehnder_et_al.%29/5%3A_Energ%C3%ADa_alternativa/5.4%3A_Energ%C3%ADa_E%3%B3lica)
- Categorías de Producto. (14 de junio de 2018). *AC&CC Ingeniería eléctrica y mecánica*. Fuente: <https://www.ac-cc.com/blog/como-funciona-la-energia-solar-fotovoltaica>

- ceen. (24 de junio de 2021). *Eficiencia Energética*. Fonte: <https://certificacionenergetica.info/author/ceen/>
- Celsia. (2019). *Celsia empresa de energia del grupo argos*. Fonte: <https://www.celsia.com/es/blog-celsia/paneles-solares-como-funcionan-y-que-son/#:~:text=C%C3%B3mo%20funciona%20la%20energ%C3%ADa%20solar,un%20medidor%2C%20que%20la%20cuantifica.>
- CEUPE, B. d. (2023). *Blog de CEUPE*. Fonte: <https://www.ceupe.com/blog/olas-como-fuente-de-energia-alternativa.html>
- Colmenar, S. A. (2009). *CENTRALES DE ENERGÍAS RENOVABLES*. UNED, 2009. Acesso em 28 de 11 de 2023
- Condori, E. G. (2013). *VALIDACIÓN DE UN MÉTODO ANALÍTICO USANDO C. LÍQUIDA (HPLC)*. AREQUIPA: repositorio de tesis UCSM.
- cosuper. (24 de 03 de 2023). *cosuper.com/inversor-cargador*. Fonte: inversor-cargador: [https://www.cosuper.com/inversor-cargador-729\\_1.asp](https://www.cosuper.com/inversor-cargador-729_1.asp)
- CSN. (12 de agosto de 2020). *Fusión nuclear*. Fonte: Consejo de Seguridad Nuclear: <https://www.csn.es/fusion-nuclear>
- Cubillos, A. (15 de 03 de 2011). combustible fosiles. Em A. Cubillos, *Energía y medio ambiente* (Vol. 2, p. 46). chile, chile, chile: biblioteca.clacso. Acesso em 03 de 02 de 2024, disponível em <https://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/engov/20130827052932/engMAalCubillosEstensoro.pdf>
- dumalux. (13 de agosto de 2023). *dumalux*. Fonte: [dumalux.com/blog/alumbrado-publico-led-todo-lo-que-debessaber#:~:text=Es%20el%20sector%20que%20que%C3%A1s%20m%C3%A1s,encima%20de%2090%20lumen%20FW.](https://dumalux.com/blog/alumbrado-publico-led-todo-lo-que-debessaber#:~:text=Es%20el%20sector%20que%20que%C3%A1s%20m%C3%A1s,encima%20de%2090%20lumen%20FW.)

- Electro Industrial Vinueza. (2023). *Electro Industrial Vinueza*. Fuente: <https://www.eivinueza.com.ec/instrumentos-de-medicion/luxometros/luxometros.html>
- Endef. (25 de noviembre de 2017). *Endef*. Fuente: <https://endef.com/tipos-de-paneles-solares/>
- Energy & Commerce. (14 de enero de 2021). *Energy & Commerce*. Fuente: <https://energyandcommerce.com.mx/energia-mareomotriz-mexico/>
- Escobar, A. (2023). Diseño e implementación de Ríobomba en el sector de santa lucia de Pusuchisi. *Tesis de tercer nivel*. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Factor Energía. (17 de febrero de 2021). *La energía hidráulica*. Fuente: Factor Energía: <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/energia-renovable-hidraulica/#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20hidr%C3%A1ulica%2C%20tambi%C3%A9n%20conocida,molinos%20o%20presas%2C%20por%20ejemplo.>
- Foro Nuclear. (1 de noviembre de 2020). *¿Qué es la fisión nuclear?* Fuente: Foro Nuclear. Foro de la Industria Nuclear Española: <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-fisica-nuclear/que-es-la-fision-nuclear/>
- Gomez-Azpeitia, L. G. (01 de enero de 2013). *ResearchGate GmbH*. Fuente: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-13-Posicion-relativa-del-plano-del-ecuador-y-de-la-ecliptica-que-define-la\\_fig3\\_312576876](https://www.researchgate.net/figure/Figura-13-Posicion-relativa-del-plano-del-ecuador-y-de-la-ecliptica-que-define-la_fig3_312576876)
- Group, P. (9 de mayo de 2020). *Extracción y producción de petróleo y gas*. Fuente: PCC Group: <https://www.products.pcc.eu/es/k/extraccion-y-produccion-de-petroleo-y-gas-2/>
- Hidalgo, O. W. (2021). Energías Renovables. Em O. W. Hidalgo, & L. B. López (Ed.), *Energías Renovables* (Vol. 1, p. 23). Ambato, Ambato, Ecuador: CIENCIA DIGITAL EDITORIAL. doi:ISBN 978-9942-8914-4-0

- hidroeléctrica, B. E. (2022). *BLOG, GREEN GENERATION & STORAGE*.  
 Fuente: <https://www.ormazabal.com/energia-hidroelectrica-que-es-y-como-funciona/>
- IDEAM. (17 de diciembre de 2021). *Radiación Solar*. Fuente: IDEAM:  
<http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>
- INDUALIMENTARIO. (2023). *INDUALIMENTARIO*. Fuente:  
 INDUALIMENTARIO: <https://indualimentario.com/aplicacion-de-la-biomasa-en-la-industria-agroalimentaria/>
- Jens, E. R. (8 de Febrero de 2005). *Google Maps*. Fuente: [maps.google.com](https://maps.google.com):  
<https://maps.google.com>
- Joffre, C. S. (2014). El recurso solar para generacion de energia . Em C. S. Joffre, *El recurso solar para generacion de energia* (p. 27). QUITO: Publicacion arbitrada de la Universidad Politecnica Salesiana.
- juntadeandalucia. (2023). *edea*. Fuente:  
[https://edea.juntadeandalucia.es/bancorecursos/file/48a51c33-16d6-40fb-b27f-e6d40c14e88c/1/es-an\\_2018061312\\_9095716.zip/resumen.html?temp.hn=true&temp.hb=true](https://edea.juntadeandalucia.es/bancorecursos/file/48a51c33-16d6-40fb-b27f-e6d40c14e88c/1/es-an_2018061312_9095716.zip/resumen.html?temp.hn=true&temp.hb=true)
- LEDLUCKY HOLDINGS COMPANY LTD. (2023). *LEDLUCKY HOLDINGS COMPANY LTD*. Fuente: <https://ledlucky.net/es/la-%C3%BAultima-gu%C3%ADa-de-%C3%A1ngulo-de-haz-LED/>
- León, F. M. (2019). *Meteored*. Fuente: <https://www.tiempo.com/ram/35-anos-de-datos-sobre-cambios-en-la-temperatura-del-agua-mar.html>
- León, F. M. (19 de 12 de 2020). *El máximo solar podría llegar antes de los previsto*. Fuente: [tiempo.com/ram/el-maximo-solar-podria-llegar-temprano.html](https://www.tiempo.com/ram/el-maximo-solar-podria-llegar-temprano.html): <https://www.tiempo.com/ram/el-maximo-solar-podria-llegar-temprano.html>

- León, F. M. (13 de Abril de 2023). *Noticias*. Fonte: Tiempo Meteored : <https://www.tiempo.com/ram/el-maximo-solar-podria-llegar-temprano.html>
- Library homepage. (29 de octubre de 2022). *Energía Eólica*. Fonte: Universidad de California Davis: [https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa\\_Ambiental\\_%28Sustentabilidad\\_y\\_Conservaci%C3%B3n%29/Libro%3A\\_Introducci%C3%B3n\\_a\\_la\\_Ciencia\\_Ambiental\\_%28Zehnder\\_et\\_al.%29/5%3A\\_Energ%C3%ADa\\_alternativa/5.4%3A\\_Energ%C3%ADa\\_E%3%B3lica](https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa_Ambiental_%28Sustentabilidad_y_Conservaci%C3%B3n%29/Libro%3A_Introducci%C3%B3n_a_la_Ciencia_Ambiental_%28Zehnder_et_al.%29/5%3A_Energ%C3%ADa_alternativa/5.4%3A_Energ%C3%ADa_E%3%B3lica)
- López, J. C. (2002). El Petroleo. Em J. C. López, *EL RECORRIDO DE LA ENERGÍA* (p. 4). madrid, España: E.i.S.E. Domènech, S.A. doi:B-41679-2002
- Martínez, D. B. (12 de 07 de 2010). *ENERGIA SOLAR*. Acesso em 25 de 11 de 2023, disponível em INSTALACION DE PANELES: <https://core.ac.uk/download/pdf/289971257.pdf>
- Naciones Unidas. (17 de julio de 2022). *¿Qué son las energías renovables?* Fonte: Naciones Unidas: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy>
- Ortiz, F. R. (2011). Energía Hidráulica. Em F. R. Ortiz, *Energía Hidráulica* (pp. 19-22). Colombia, Colombia. Acesso em 01 de 02 de 2023, disponível em <https://www21.ucsg.edu.ec:2653/es/ereader/ucsg/70964>
- Paucar, L. C. (2008). *uploaded*. Fonte: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-110-Componentes-de-la-radiacion-solar\\_fig9\\_45234985](https://www.researchgate.net/figure/Figura-110-Componentes-de-la-radiacion-solar_fig9_45234985)
- Repsol. (17 de diciembre de 2023). *Repsol*. Fonte: ¿Qué es la energía mareomotriz?: <https://www.repsol.com/es/index.cshtml>
- Roca, J. (7 de julio de 2021). *No toda la biomasa es buena*. Fonte: El periódico de la energía: <https://elperiodicodelaenergia.com/no-toda-la-biomasa-es-buena/>

Sepúlveda, L. I. (2018). EL CARBON. Em L. I. Sepúlveda, *QUÍMICA DEL CARBONO* (Once Ríos Editores ed., p. 38). Culiacán de Rosales, Sinaloa, México: Industrial Bravo. Acesso em 02 de 10 de 2023, disponível em [https://dgep.uas.edu.mx/librosdigitales/2do\\_SEMESTRE/14\\_Quimica\\_del\\_Carbono.pdf](https://dgep.uas.edu.mx/librosdigitales/2do_SEMESTRE/14_Quimica_del_Carbono.pdf)

Siemens. (2023). *Siemens* . Fonte: <https://sieportal.siemens.com/entw/search?scope=knowledgebase&Type=siePortal&SearchTerm=&SortingOption=CreationDateDesc&EntryTypes=all&Page=0&PageSize=20&ProductId=356474>

solarbex. (02 de 05 de 2021). *bateria-solar-48v-390ah*. Fonte: bateria-sola: <https://solarbex.com/comprar/bateria-solar-48v-390ah-sopzs/>

sunevo. (22 de 04 de 2011). *sunevosolar.com/company\_d1*. Fonte: [sunevosolar.com/company\\_d1](https://www.sunevosolar.com/company_d1): [https://www.sunevosolar.com/company\\_d1](https://www.sunevosolar.com/company_d1)

susenergy.de. (16 de 02 de 2020). *datasafety?id=com.pvstrom.pvcalculator*. Fonte: [pvcalculator&hl: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pvstrom.pvcalculator&hl=es\\_EC&gl=US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pvstrom.pvcalculator&hl=es_EC&gl=US)

Top cable. (19 de noviembre de 2019). *¿Cómo calcular la sección de un cable eléctrico?* Fonte: Top cable.

Villarrubia, L. M. (2012). Ingeniería de la Energía Eólica. Em L. M. Villarrubia, & S. MARCOMBO (Ed.), *Ingeniería de la Energía Eólica* (pp. 15-17). México, México, México: MARCOMBO, S.A. doi:ISBN: 978-607-707-402-1

visualled. (2023). *visualled*. Fonte: <https://visualled.com/glosario/temperatura-color/>

## Glosario

**lúmenes (lm):** son una medida de la cantidad total de luz visible (a simple vista) de una lámpara o fuente de luz. Cuanto más alto el número de lúmenes la bombilla o lámpara es más «brillante».

**Potencia:** trabajo necesario para realizar movimiento en tiempo determinado unidad watt o joule o es la cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo

**Voltaje:** magnitud encargada de establecer la diferenciación de potencial eléctrico que existe entre dos puntos.

**Voltio.** Unidad utilizada para medir la diferencia de potencial o tensión entre dos puntos de un circuito eléctrico. Su abreviatura es V.

**Vatio.** Unidad que representa la potencia eléctrica. Un kilovatio es igual a 1.000 vatios. Se representa por la letra W.

**Energía renovable:** son un tipo de energías derivadas de fuentes naturales que llegan a reponerse más rápido de lo que pueden consumirse.

**Sistemas fotovoltaicos:** es un sistema de energía diseñado para suministrar energía solar utilizable por medio de la energía fotovoltaica.

**Instalación eléctrica.** Conjunto de aparatos y circuitos asociados, en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, distribución o utilización de la energía eléctrica.

**Panel de distribución.** Registro compuesto por un interruptor diferencial, así como los dispositivos de protección contra cortocircuitos y sobrecarga de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

**Radiación:** El fenómeno de la radiación es la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material.

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **López Soledispa, Luis Alberto** con C.C: **1306114560** y **Sornoza Zuñiga Juana Eugenia** con C.C: **0930609441** autores del trabajo de titulación: **Análisis de un sistema de respaldo de energía renovable solar fotovoltaica para el alumbrado exterior del parqueadero del Canal TV y Radio de la UCSG, previo a la obtención del título de INGENIERO ELÉCTRICO** 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, 16 de febrero del 2024

f.  \_\_\_\_\_

Nombre: López Soledispa Luis Alberto

C.C: 1306114560

f.  \_\_\_\_\_

Nombre: Sornoza Zuñiga Juana Eugenia

CC: 0930609441

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Análisis de un sistema de respaldo de energía renovable solar fotovoltaica para el alumbrado exterior del parqueadero del Canal TV y Radio de la UCSG.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Luis Alberto López Soledispa, Juana Eugenia Sornoza Zuñiga		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph. D.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	INGENIERO ELÉCTRICO		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	16 de febrero del 2024	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	83
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Instalación fotovoltaica, Protecciones fotovoltaicos		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	energía renovable, sistemas fotovoltaicos, seguridad, ahorro de energía, consumo eléctrico, energía limpia.		
<p><b>RESUMEN/ABSTRACT:</b> El trabajo se basa en un estudio para el mejoramiento de la red de alumbrado mediante la energía renovables fotovoltaico, del parqueadero del Canal TV y radio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Dicho sistema busca brindar seguridad a los usuarios, ahorro de energía, protección de elementos y facilidad de uso; garantizando un entorno controlado en comparación a los tableros comunes.</p> <p>Para el diseño del sistema se usó herramientas como: estudio de luminotecnía, levantamiento de información del área, dimensionamiento de componentes, cálculos matemáticos para conocer los tipos de conductores a utilizar, lo que permitió plasmar el proyecto en digital y observar su correcto funcionamiento.</p> <p>Esta investigación abordó el diseño de un sistema fotovoltaico como fuente distribuida en el campus de la UCSG siendo una alternativa para reducir las elevadas facturas eléctricas en sus instalaciones y, al mismo tiempo, colaborar con el medio ambiente generando energía limpia para Independencia universitaria. La información sobre el consumo eléctrico actual de la instalación se recopiló a través de un formulario de servicio.</p> <p>Para el diseño de sistemas fotovoltaicos se utilizó la herramienta virtual PVsyst, permite realizar simulaciones de diseño de sistemas. A través del software y su análisis se determinó el impacto positivo del uso de este generador en las facturas eléctricas de la UCSG y en las emisiones de CO2 que se liberan al medio ambiente. Mediante la discusión, análisis y puesta en marcha de los resultados, se pudo concluir que el sistema propuesto cumple de forma satisfactoria con los objetivos propuestos.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593 98 916 8720 +593 93 905 6480.	<b>E-mail:</b> luis.lopez13@cu.ucsg.edu.ec luislopezs1968@gmail.com juana.sornoza@cu.ucsg.edu.ec juanita.eusz967@gmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre: Ricardo Xavier Ubilla Gonzalez, PhD</b>		
	<b>Teléfono: +593-4- 3804600 ext. 2018</b>		
	<b>E-mail: ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec</b>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			