



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
DE ILUMINACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICO PARA DOS  
PARADAS DE BUSES**

Trabajo de titulación previo a la obtención  
del título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: WALTER STEEVEN ROMERO RAMÓN  
DANIEL ANTONIO JIMÉNEZ CRIOLLO

TUTOR: ING. FREDDY FERNANDO CAMPOVERDE ARMIJOS, Mgtr.

Cuenca – Ecuador

2024

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Walter Steeven Romero Ramón con documento de identificación N° 0704822147 y Daniel Antonio Jiménez Criollo con documento de identificación N° 1105576670; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

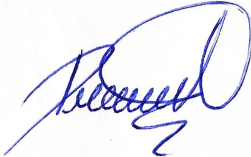
Cuenca, 08 de marzo del 2024

Atentamente,



Walter Steeven Romero Ramón

0704822147



Daniel Antonio Jiménez Criollo

1105576670

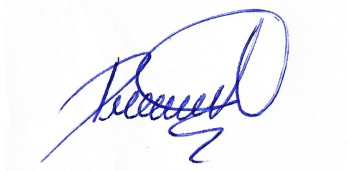
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL  
TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA**

Nosotros, Walter Steeven Romero Ramón con documento de identificación N° 0704822147 y Daniel Antonio Jiménez Criollo con documento de identificación N° 1105576670, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Automatización e implementación de un sistema de iluminación solar fotovoltaico para dos paradas de buses”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

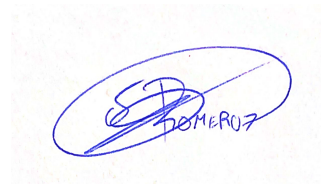
Cuenca, 08 de marzo del 2024

Atentamente,



Daniel Antonio Jiménez Criollo

1105576670



Walter Steeven Romero Ramón

0704822147

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Campoverde Armijos Freddy Fernando con documento de identificación N°0102339470, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA DOS PARADAS DE BUSES”, realizado por Walter Steeven Romero Ramón con documento de identificación N° 0704822147 y por Daniel Antonio Jiménez Criollo con documento de identificación N° 1105576670, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 08 marzo del 2024

Atentamente,



---

Ing. Freddy Fernando Campoverde Armijos, Mgtr.

0102339470



## DEDICATORIA

*Primero, agradezco a Dios por darme tantas bendiciones que me han permitido alcanzar mis metas en la vida. Te dedico este logro y todos los éxitos de mi vida. A mis padres, quienes son mis héroes, vuestro amor incondicional y apoyo inquebrantable han sido fundamentales en todas las áreas de mi vida, tanto en mi pasión por el fútbol como en la culminación de mi carrera universitaria. Han sido mi apoyo incondicional, mi guía y mi inspiración en cada etapa de este largo camino. Nada de esto sería posible sin ustedes.*

**Walter Steeven Romero Ramon**

*Agradezco a mis queridos padres, Vicente Jiménez y Katty Criollo que con su sacrificio y esfuerzo entregaron su tiempo y apoyo en mi camino académico que gracias a ellos estoy a un paso de lograr mi meta que fue un sueño de niño. A mi querida hermana Karen que siempre estuvo conmigo en los momentos difíciles de la carrera, apoyándome y guiando mi camino como hermana mayor sin el apoyo de ellos nada de esto sería posible.*

**Daniel Antonio Jimenez Criollo**

## RESUMEN

El principal objetivo del presente proyecto de tesis actual fue analizar y llevar a cabo un estudio técnico para así establecer un sistema de producción de energía solar fotovoltaica en cada un de las paradas de autobuses ubicadas en las principales de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca. Los factores determinantes del estudio incluyen la ubicación, la cantidad de luz solar disponible, la cantidad de energía requerida, el costo y la eficiencia del equipo. La intención principal era sugerir una optimización del sistema, tomando en cuenta su estado actual y las posibilidades de futuras implementaciones. Esto se hizo como un prototipo para que pueda ser utilizado en las demás paradas de buses del sistema colectivo de la ciudad de Cuenca en el futuro.

Se levantó la estructura de la parada de bus para determinar y calcular el tamaño del sistema solar fotovoltaico. Posteriormente, se realizó un render en DIALUX para poder calcular la luminancia y la uniformidad de las luminarias que se utilizarán, con el fin de maximizar la eficiencia del sistema de energía solar fotovoltaica.

La idea propuesta destaca que la optimización e implementación eficiente y confiable como parte esencial de la infraestructura eléctrica es crucial para garantizar la seguridad en la universidad.

### **Palabras Claves:**

Energía solar fotovoltaica

Luz Solar

Sistema Solar Fotovoltaico

Optimización

Estructura

## ABSTRACT

The main objective of this current thesis project was to analyze and carry out a technical study in order to establish a photovoltaic solar energy production system in each of the bus stops located in the main ones of the Salesiana Polytechnic University, Cuenca Campus. The determining factors of the study include the location, the amount of sunlight available, the amount of energy required, the cost and efficiency of the equipment. The main intention was to suggest an optimization of the system, taking into account its current state and the possibilities of future implementations. This was made as a prototype so that it can be used in the other bus stops of the collective system of the city of Cuenca in the future.

The structure of the bus stop was erected to determine and calculate the size of the solar photovoltaic system. Subsequently, a render was made in DIALUX to calculate the luminance and uniformity of the luminaires that will be used, in order to maximize the efficiency of the photovoltaic solar energy system.

The proposed idea highlights that efficient and reliable optimization and implementation as an essential part of the electrical infrastructure is crucial to ensure safety at the university.

**Key Words:**

Photovoltaic solar energy

Solar Light

Photovoltaic Solar System

Optimization

Structure

# ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	I
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	II
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
DEDICATORIA	IV
RESUMEN	V
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
<b>1 PARÁMETROS METEOROLOGICOS</b>	<b>4</b>
1.1 Radiación Solar . . . . .	5
1.1.1 Potencia solar . . . . .	6
1.1.2 Energía solar . . . . .	7
1.2 Paneles solares . . . . .	8
1.3 Luminotecnia . . . . .	10
1.4 Sistemas Fotovoltaicos Autónomos . . . . .	11
1.5 Irradiancia . . . . .	12
1.6 Hora Solar Pico (HSP) . . . . .	13
1.7 Iluminancia . . . . .	14
1.8 Flujo Luminoso . . . . .	14
1.9 Luxómetro . . . . .	15
<b>2 SIMULACIÓN DE ILUMINACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA</b>	<b>16</b>
2.1 Estudio lumínico de las paradas de bus. . . . .	17

2.1.1	Parada Calle Vieja y Elia Liut . . . . .	18
2.1.2	Parada Avenida Turuhayco . . . . .	19
2.2	Calculo Lumínico. . . . .	21
2.3	Distribución y Elección del tipo de luminarias. . . . .	22
2.3.1	Luminarias Cinta LED. . . . .	22
2.3.2	Luminaria Slim Panel Led Empotrable RD . . . . .	23
2.3.3	Curva Fotométrica . . . . .	24
2.3.4	Parámetros de luminarias. . . . .	25
2.4	Simulación de sistema lumínico con el software DIALux. . . . .	26
2.5	Características y perfiles de consumo. . . . .	28
2.6	Controlador solar de iluminación. . . . .	29
<b>3</b>	<b>DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO</b>	<b>32</b>
3.1	Análisis de parámetros meteorológicos solares . . . . .	32
3.1.1	Estimación del ángulo de inclinación según las coordenada geográficas. . . . .	35
3.2	Selección del panel fotovoltaico . . . . .	36
3.3	Comparación de métodos de cálculo de paneles solares. . . . .	41
3.4	Evaluación de generación del panel fotovoltaico mediante aplicaciones computacionales. . . . .	43
3.5	Implementación del sistema de protección autosustentado por energía fotovoltaica . . . . .	47
<b>4</b>	<b>PRUEBA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>49</b>
4.1	Evaluación del sistema . . . . .	49
4.2	Seguridad eléctrica en el sistema . . . . .	51
4.3	Resultados comparados entre mediciones reales y Dialux. . . . .	53
4.4	Periodo de recuperación de la inversión en sistemas fotovoltaicos autónomos. . . . .	57
4.5	Análisis costo/beneficio . . . . .	59
4.6	Conclusiones y Recomendaciones . . . . .	61
	<b>ANEXOS</b>	<b>64</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>102</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

1.1	Tipos de Radiaciones Solares. . . . .	5
1.2	Paneles Monocristalinos. . . . .	9
1.3	Paneles Policristalinos. . . . .	9
1.4	Panel de Película Delgada. . . . .	10
1.5	Sistema fotovoltaico [1] . . . . .	12
1.6	Luxometro Digital. . . . .	15
2.1	Ubicación de las paradas de buses. . . . .	17
2.2	Levantamiento de la marquesina y valla publicitaria(S.Romero, D.Jiménez). . . . .	18
2.3	Levantamiento de la marquesina y valla publicitaria(S.Romero, D.Jiménez). . . . .	18
2.4	Levantamiento de la marquesina de la parada de bus(S.Romero, D.Jiménez). . . . .	19
2.5	Levantamiento de la marquesina y valla publicitaria(S.Romero, D.Jiménez). . . . .	20
2.6	Levantamiento de la marquesina y valla publicitaria(S.Romero, D.Jiménez). . . . .	20
2.7	Levantamiento de la marquesina de la parada de bus (S.Romero, D.Jiménez). . . . .	21
2.8	Ubicación de luminarias(S.Romero, D.Jiménez). . . . .	22
2.9	Tira led Strip 5m Sylvania. . . . .	23
2.10	Led panel empotrable RD Sylvania. . . . .	24
2.11	Fotometría luminaria LED tipo Strips. . . . .	24
2.12	Fotometría Slim Panel Led Empotrable RD. . . . .	25
2.13	Planos 2D de la simulación(S.Romero, D.Jiménez). . . . .	27
2.14	Simulación en DIALUX(S.Romero, D.Jiménez). . . . .	27
2.15	Simulación en DIALUX colores falsos. . . . .	28
2.16	Controlador-BlueSolar-12-24V-10A. [2] . . . . .	30
2.17	Interfaz del Código del Arduino(S.Romero, D.Jiménez). . . . .	31
3.1	Irradiancia Enero-Abril Estación Meteorológica de la UPS. (S.Romero, D.Jiménez) . . . . .	33

3.2	Irradiancia Junio-Septiembre Estación Meteorológica de la UPS.(S.Romero, D.Jiménez) . . . . .	34
3.3	Irradiancia Octubre-Diciembre Estación Meteorológica de la UPS.(S.Romero, D.Jiménez) . . . . .	34
3.4	Hoja de Calculo para la carga total. . . . .	41
3.5	Hoja de Calculo para el Rendimiento Global. . . . .	41
3.6	Hoja de Calculo para Panel Fotovoltaico. . . . .	42
3.7	Hoja de Calculo para Regulador. . . . .	42
3.8	Hoja de Calculo para Batería. . . . .	43
3.9	Simulación de un Sistema Fotovoltaico en Matlab/Simulink [3]. . . . .	43
3.10	Simulación de un Panel Fotovoltaico en Matlab/Simulink [3]. . . . .	44
3.11	Simulación en SimuLink del Controlador [3]. . . . .	45
3.12	Simulación en SimuLink del Control de la Bateria [3] . . . . .	45
3.13	Simulación de las gráficas del panel fotovoltaico [3] . . . . .	46
3.14	Simulación de las gráficas de la Batería [3] . . . . .	46
3.15	Disposición fusible en el sistema. . . . .	47
4.1	Divisor de voltaje. . . . .	49
4.2	Puntos de medición. . . . .	53
4.3	Simulación de DIALUX con los valores de los puntos medidos. . . . .	55
4	Medición de valla publicitaria para su siguiente levantamiento en programa. . . . .	65
5	Medición de parada de bus para su siguiente levantamiento en programa	66
6	Resultados de simulacion de parada de bus en DIALUX. . . . .	67
7	Panel Solar fotovoltaico (Monocristalino). . . . .	68
8	Controlador 12V/24V/20A . . . . .	69
9	Batería 12V50AH . . . . .	70
10	Soporte para panel solar . . . . .	71
11	Colocación de pernos en la parte superior de la parada de bus para la implementación del alucubond y luminarias . . . . .	72
12	Abertura de agujeros en la parte superior de la parada de bus para el traspaso del cableado para las luminarias . . . . .	73
13	Colocación de pernos en la parte de la tubería para poder colocar el panel fotovoltaico . . . . .	74
14	Instalación de pernos en la parte externa del panel fotovoltaico . . . . .	75
15	Montaje de estructura para el panel solar . . . . .	76
16	Colocación del panel solar con su estructura con una inclinación de 30 grados . . . . .	77
17	Instalación de cableado de panel solar . . . . .	78

18	Instalación de cableado en la parte superior de la parada con las conexiones de carga . . . . .	79
19	Colocación de alucubond. . . . .	80
20	Instalación de alucubond y luminarias. . . . .	81
21	Desmontamiento de valla publicitaria para instalacion de luminarias . . . . .	82
22	Instalación de cableado a la valla publicitaria. . . . .	83
23	Encendido de Luminarias. . . . .	84
24	Teluometro para calculos de puesta a tierra. . . . .	85
25	Instalación de Picas para puesta a tierra. . . . .	86
26	Configuración del teluometro en Paralelo. . . . .	87
27	Teluometro instalado en paralelo. . . . .	87
28	Resultado de Teluometro en Paralelo. . . . .	88
29	Instalación de Teluometro en serie. . . . .	89
30	Resultado de teluometro en serie. . . . .	90
31	Elaboracion del timer . . . . .	91
32	Configuracion del Timer. . . . .	92
33	Ajuste y colocación del timer en la caja del circuito. . . . .	93
34	Instalación de tuberías en la parte trasera de la parada de bus. . . . .	94
35	Tablero eléctrico fotovoltaico. . . . .	95
36	Tablero implementado en la cerca de la universidad. . . . .	96
37	Luxometro. . . . .	97
38	Medición de para con Luxometro. . . . .	98
39	Parada de bus con circuito de iluminación completa . . . . .	99



## ÍNDICE DE TABLAS

2.1	Mediciones Planta Única. . . . .	19
2.2	Mediciones Elevación Frontal. . . . .	19
2.3	Mediciones Planta Única. . . . .	20
2.4	Mediciones Elevación Frontal. . . . .	21
2.5	Parametros Longitud de Onda. . . . .	25
2.6	Niveles de Voltaje. . . . .	26
3.1	Promedio mensual de Radiación de la Estación Meteorológica de la UPS.(S.Romero, D.Jiménez) . . . . .	35
3.2	Irradiación e inclinación de paneles monocristalinos. [4] . . . . .	36
3.3	Total Carga Instalada. . . . .	37
3.4	Hoja característica del módulo fotovoltaico a emplear. . . . .	39
3.5	Hoja característica de la batería a emplear. . . . .	39
3.6	Hoja característica del regulador a emplear. . . . .	41
3.7	Parámetros de un Panel solar Fotovoltaico. [5] . . . . .	44
4.1	Valores almacenados en Arduino, voltajes y corrientes. . . . .	51
4.2	Datos de medición con aporte externo. . . . .	54
4.3	Datos de medición con el sistema apagado. . . . .	54
4.4	Valores que se compararán con DIALUX. . . . .	55
4.5	Valores de la simulación de DIALUX. . . . .	56
4.6	Estimación de la producción . . . . .	57
4.7	Descripción de costo total del diseño. . . . .	58
4.8	Análisis Flujo de Efectivo Neto. . . . .	58
4.9	Datos Análisis Costo/Beneficio. . . . .	59
4.10	Periodos Anuales. . . . .	59
4.11	Análisis Valor Actual Neto (VAN). . . . .	60

# INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica se considera fundamental y necesaria para el desarrollo humano. No obstante, algunas áreas y comunidades carecen de estos beneficios debido a que se ubican en lugares lejanos y difíciles de acceder, lo que dificulta la creación de una red de distribución eléctrica en la que se involucran subestaciones, elementos de transformación y alumbrado público, entre otras características.

En la actualidad, el impulso humano más fuerte es hacia el cambio hacia fuentes de energía eficientes y respetuosas con el medio ambiente. La importancia de tomar medidas concretas para lograr este cambio se ha vuelto más evidente en todo el mundo. [1].

En Ecuador, la radiación solar tiene un valor promedio de 4.575 vatios por metro cuadrado por día. El país tiene un potencial de 312 gigavatios hora (GWh) o 283 MBEP (millones de barriles equivalentes de petróleo) por año para la generación de energía solar. El potencial hidroeléctrico técnico y económico del país está alrededor de quince veces mayor que este valor. [6].

En el artículo [7], La Universidad Politécnica Salesiana cuenta cómo comenzó a obtener beneficios de una planta de energía solar fotovoltaica instalada en la sede de Cuenca, la cual está en funcionamiento y genera energía constantemente. La potencia instalada es de 12,6 kilovatios hora, y en 2019 se generó 16790 kilovatios hora de electricidad, lo que permitió a la institución ahorrar mucho dinero en electricidad y evitar la emisión de 8,23 toneladas de CO<sub>2</sub>. [7].

La UPS contribuye significativamente al conocimiento de la energía solar y la electromovilidad en Ecuador con este proyecto. Este es el comienzo de una nueva era en la que la sostenibilidad y las energías limpias se consideran fundamentales para el desarrollo de las sociedades futuras.

Un sistema fotovoltaico es un sistema que transforma la energía primaria del sol en energía eléctrica con la capacidad de mover cualquier equipo o maquinaria eléctrica. [8].

El Ing. Sesbatián Sánchez en el año 2016 publicó el artículo [9], donde describe cómo se desarrolló e implementó un sistema fotovoltaico interconectado a red con soporte de almacenamiento para la Universidad Tecnológica de Pereira.

# OBJETIVOS

## Objetivo General

Realizar un estudio técnico sobre los métodos necesarios para instalar un sistema de generación de energía solar fotovoltaica en las paradas de autobuses. Es necesario examinar la ubicación, la cantidad de luz solar disponible, la cantidad de energía requerida, el costo y la eficiencia del equipo.

## Objetivos Específicos

- Analizar y diseñar un sistema específico de iluminación solar fotovoltaica.
- Determine los recursos solares actuales y potenciales de energía solar fotovoltaica en los lugares donde se instalarán las paradas de autobuses.
- Diseñar un sistema de generación de energía fotovoltaica para el sistema de iluminación que se implementará.
- Analizar y crear un plan de mantenimiento y operación para un sistema solar fotovoltaico.

# CAPÍTULO 1

## PARÁMETROS METEOROLOGICOS

Los parámetros meteorológicos son medidas cuantitativas que describen las condiciones atmosféricas en un lugar y momento determinado.

Estos parámetros brindan información importante sobre el tiempo y el clima en un lugar específico.

Los sistemas solares fotovoltaicos obtienen su energía principal de la radiación solar emitida por la Tierra. El uso de la energía renovable en este caso de la del sol, como fuente principal tiene algunos beneficios en comparación con otras fuentes de energía renovable alternativas:

- Esta fuente proporciona energía que es renovable.
- Disponible en cualquier lugar independientemente de su aplicación.
- Se puede usar sin restricciones.

A pesar de estas ventajas, hay factores meteorológicos (geográficos-astronómicos y atmosféricos) que cambia la forma en que la radiación solar llega a la superficie de la Tierra.

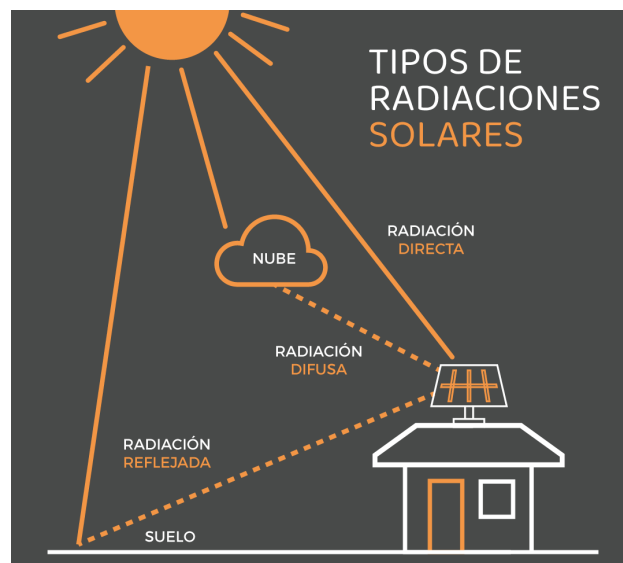
Estos parámetros son esenciales para comprender y predecir el clima, así como para diversas aplicaciones como lo es en la agricultura, la aviación, la navegación, gestionar la energía renovable y el agua..

Los meteorólogos utilizan instrumentos y estaciones meteorológicas para recopilar datos sobre estos parámetros y analizar patrones climáticos [10].

## 1.1. Radiación Solar

Las ondas electromagnéticas emitidas por el sol viajan por el espacio libre hacia la Tierra como parte del espectro electromagnético.

La propagación y su naturaleza de estas energías radiantes (300 mil kilómetros por segundo) son similares, pero se diferencian por sus frecuencias y longitud de onda, así como por cómo se manifiestan. [11].



**Figura 1.1:** Tipos de Radiaciones Solares.

Los satélites que orbitan la Tierra han obtenido medidas de radiación solar en contacto con la atmósfera terrestre y proporcionalmente una variedad de valores de radiación incidente en el límite superior.

Por esta razón, la Organización Meteorológica Mundial ha establecido un valor de mil trescientos sesenta y siete vatios por metro cuadrado de superficie, como la contaminación solar que afecta toda la superficie exterior de nuestra atmósfera. [4].

- **RADIACIÓN DIRECTA:** La radiación solar que llega a la superficie terrestre en días soleados y sin nubes es la parte más relevante en la producción de energía eléctrica fotovoltaica.
- **RADIACIÓN DIFUSA:** Debido a la acción de dispersión que ocurre en las capas de la atmósfera, cada lugar del planeta recibe una cantidad diferente de radiación difusa. Esto se debe al ángulo de incidencia con el que la radiación llega a las superficies fotovoltaicas receptoras.

- **RADIACIÓN REFLEJDA:** Se trata de la cantidad de radiación reflejada por una superficie en comparación con la radiación que la afecta. Albedo es el nombre dado al coeficiente de reflexión de las superficies debido al coeficiente de las mismas.

Además de la radiación de albedo, difusa y directa, es importante tener en cuenta que cuando los rayos solares no inciden perpendicularmente sobre las capas anteriores a las células fotovoltaicas, las capas como el vidrio, la capa encapsulante y la capa antirreflexiva experimentan pérdidas por reflexión y absorción.

Debido a que las células solares generan una corriente específica para cada longitud de onda de la radiación solar incidente, también deben tenerse en cuenta la pérdida de suciedad y los efectos espectrales.

### 1.1.1. Potencia solar

La potencia solar [12] se refiere al volumen de energía producida por la energía solar. Se escribe comúnmente en vatios (W) y sus múltiplos. Existen algunos conceptos relacionados con la potencia solar:

- **Potencia Solar Nominal:** Se refiere al volumen de energía que puede producir un panel solar cuando está expuesto a la radiación solar máxima y a la potencia producida por un panel solar o sistema fotovoltaico en condiciones de prueba típicas.
- **Rendimiento del Panel Solar:** La eficiencia con la que un panel solar convierte la radiación solar produciendo electricidad se conoce como eficiencia solar según la tecnología de cada panel.

El desarrollo de tecnologías sostenibles, como la energía solar fotovoltaica, que contribuye a la generación eléctrica limpia y renovable, y así depende principalmente de la energía y la potencia que genera el sol.

La energía solar [12] también juega un papel esencial en los sistemas naturales de la Tierra, impulsando los ciclos climáticos y sirviendo como la principal fuente de energía necesaria para que exista vida en nuestro planeta.

### 1.1.2. Energía solar

La energía solar [13], El calor que se produce a través de colectores solares y los paneles solares pueden aprovechar la radiación solar.

Debido a que la energía se considera inagotable, estos dos métodos de producción de energía fotovoltaica y calorífica han sido ampliamente utilizados a nivel mundial.

La energía del sol [13], es la obtención de reacciones nucleares que tuvieron lugar en su núcleo, en las que el helio se forma al fusionarse con el hidrógeno. La fusión nuclear es el nombre de este fenómeno. La radiación ultravioleta, la radiación infrarroja y la luz visible. son formas de radiación electromagnética que se liberan como resultado de este fenómeno. La energía producida por el núcleo solar viaja hacia la superficie del sol y luego se irradia al espacio.

Aspectos claves de la energía del sol:

- **RADIACIÓN SOLAR:** La radiación solar es la forma en que la energía producida en el núcleo solar se transmite desde su interior hacia la superficie. Esta radiación ingresa a la fotosfera, que es la capa visible del sol atravesando las capas exteriores del sol.
- **IRRADIACIÓN SOLAR EN LA TIERRA:** La Tierra recibe una parte de la energía solar. y la constante solar se aproxima en unos 1361 vatios por metro cuadrado, es la cantidad apropiada de energía solar que alcanza la atmósfera de la Tierra. Sin embargo, La cantidad que llega a la superficie terrestre varía según la absorción y dispersión en la atmósfera.
- **IMPACTO EN LA TIERRA:** Los sistemas naturales de la Tierra, como el clima y la meteorología, se ven significativamente afectados por la energía solar. La energía solar no solo produce luz y calor, sino que también contribuye a los fenómenos atmosféricos y es esencial para el crecimiento de la existencia de vida en este planeta.
- **CICLOS SOLARES:** Los ciclos solares son ciclos de actividad del sol. Estos ciclos tienen un impacto en el volumen de radiación solar que llega a la Tierra, así como en el clima terrestre y espacial.

El ángulo en el que entra en contacto los rayos solares con los paneles solares, cambia de día a noche debido a la posición del sol.



La orientación y la inclinación de los módulos fotovoltaicos determinan la cantidad de energía que reciben.

En verano, cuando el sol está más alto y los días son más largos, una superficie horizontal recibe la mayor cantidad de energía. En invierno, una superficie vertical expuesta al sur recibe aproximadamente 1,5 veces más energía que una superficie horizontal.

Siempre se debe buscar una inclinación que sea comparable a la latitud del lugar (30-35 grados por ejemplo) y lo más orientada al sur.

## 1.2. Paneles solares

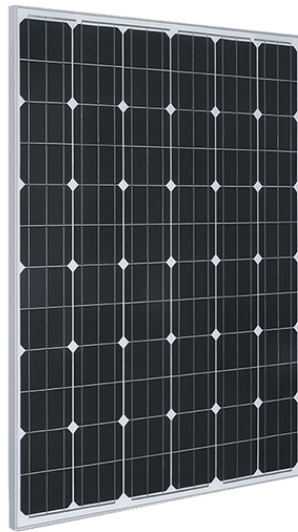
Los paneles solares [14] son módulos que transforman la luz solar en energía eléctrica y se conocen como paneles fotovoltaicos (PV). Los paneles solares con película delgada, policristalinos y monocristalinos son los principales tipos.

- **PANELES MONOCRISTALINOS:** Los paneles solares monocristalinos se componen de una sola estructura cristalina continua. Son famosos por su alta eficiencia y su apariencia sofisticada en negro.

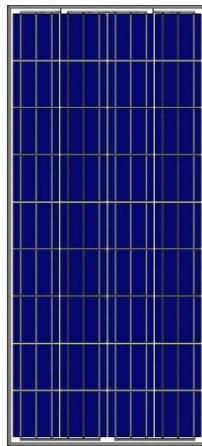
Los paneles monocristalinos son populares porque ahorran espacio y tienen una larga vida útil, lo que los hace una opción popular para instalaciones comerciales y residenciales. Sin embargo, suelen ser más costosos que otros tipos de paneles solares.

- **PANELES POLICRISTALINOS:** Los paneles solares policristalinos están hechos de varias capas diferentes de cristales de silicio. Son menos costosos de producir que los paneles monocristalinos, por lo que son una buena opción para muchos clientes.

Los paneles policristalinos ofrecen un alto nivel de rendimiento y durabilidad, aunque son un poco menos eficientes que los paneles de cristal monocristalinos.

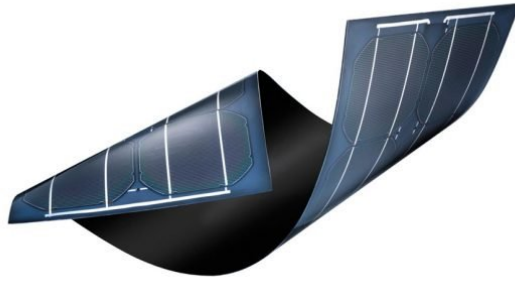


**Figura 1.2:** Paneles Monocristalinos.



**Figura 1.3:** Paneles Policristalinos.

- **PANELES DE PELICULA DELGADA:** Los paneles solares de película fina se construyen depositando una o más capas finas de material fotovoltaico sobre un sustrato.. Los materiales utilizados en estos paneles incluyen silicio amorfo, arseniuro de galio, seleniuro de cobre con indio y galio y telururo de cadmio. Cada uno tiene sus ventajas y desventajas. Por ejemplo, este tipo de panel es ligero, flexible y se instala fácilmente. Los proyectos solares a gran escala utilizan con frecuencia paneles de película delgada. También se utilizan para aplicaciones en las que los paneles tradicionales pueden ser menos adecuados, como superficies curvas o dispositivos solares portátiles. Sin embargo, en comparación con los paneles de silicio cristalino, su vida útil generalmente es más corta.



**Figura 1.4:** Panel de Película Delgada.

Todo tipo de panel solar [14], contiene sus propias ventajas y desventajas, y la elección del panel depende en última instancia de factores como el costo, la disponibilidad del espacio, las preferencias estéticas y los requisitos específicos del proyecto. Nuevos tipos de paneles solares pueden surgir a medida que avanza la tecnología solar.

### 1.3. Luminotecnia

La luminotecnia [15], es un campo que estudia y desarrolla sistemas de iluminación. Este campo abarca una variedad de temas relacionados con la producción, el manejo, la distribución y la aplicación de la luz artificial en una variedad de entornos, como los interiores de edificios, los espacios públicos y los exteriores, entre otros.

La luminotecnia considera varios factores, incluida la selección de fuentes de luz adecuadas, la disposición de luminarias, la regulación de la intensidad luminosa, el control de deslumbramientos, el manejo del color de la luz y la integración de iluminación natural y artificial.

La medición de la iluminación se expresa en Lux en el ámbito internacional. Un parámetro que se mide es la luminancia y la intensidad luminosa que incide sobre una superficie.

Por ejemplo, se sugiere niveles específicos de iluminación en diferentes entornos laborales, como oficinas, áreas de producción, depósitos, quirófanos, bibliotecas, salas de estudio y espacios externos.

Cuando se lleva a cabo un estudio de luminotecnia para la instalación o ajuste de la iluminación en un espacio abierto o cerrado, acorde a la actividad a realizar, se siguen varios cálculos, como las dimensiones del espacio, el nivel de iluminación necesario en luxes, el índice del espacio, la selección de lámparas y luminarias, el flujo total de iluminación, la cifra de luminarias requeridas y calcular la potencia instalada [15].

## 1.4. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos

Los sistemas fotovoltaicos autónomos [16] también conocidos como sistemas fotovoltaicos independientes, son instalaciones que generan energía solar eléctrica sin estar conectadas a la red eléctrica principal. Estos sistemas son particularmente útiles en áreas remotas o en lugares donde extender la red eléctrica convencional no es económica o práctica, como en zonas rurales.

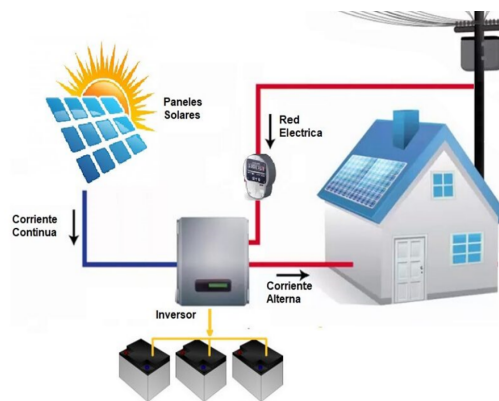
Algunas de las partes más importantes de los sistemas fotovoltaicos autónomos son:

- Paneles Solares (Módulos Fotovoltaicos): Son dispositivos que producen electricidad a partir de la luz solar. Ellos están hechos de células solares que producen corriente continua cuando están expuestas a la luz solar.
- Regulador de carga: Evite sobrecargar la batería o que se descargue demasiado. Este componente es esencial para mejorar el rendimiento del sistema y la vida útil de las baterías.
- Baterías: Almacenan la electricidad producida por los paneles solares para su uso en momentos en que la luz solar no está disponible, como en días nublados o durante la noche. Las baterías son esenciales para los sistemas autónomos que requieren energía continua.
- Sistema de Control: supervise y supervise el funcionamiento del sistema para garantizar una operación eficiente y segura, que puede incluir dispositivos de protección contra sobretensiones y subidas de corriente.

- Carga Eléctrica: Las luces, los electrodomésticos, los sistemas de comunicación y las bombas de agua pueden estar entre ellos.

Los sistemas fotovoltaicos autónomos [16], se utilizan en aplicaciones como cañas remotas, estaciones meteorológicas, sistemas de bombeo de agua, faros, sistemas de comunicación y paradas de buses, en general, en cualquier lugar donde sea difícil o costoso conectarse a la red eléctrica.

Dado que utilizan una fuente de energía renovable y limpia, estos sistemas son una solución duradera y respetuosa con el medio ambiente. Sin embargo, para garantizar un suministro eléctrico confiable y eficiente, su diseño y dimensionamiento adecuados son esenciales.



**Figura 1.5:** Sistema fotovoltaico [1]

## 1.5. Irradiancia

Es la magnitud de la radiación o la intensidad de la iluminación solar que llega hasta nosotros medida por unidad de superficie.  $W/m^2$  es la unidad de medida utilizada.

La radiación solar emitida por los paneles solares durante un periodo de tiempo determinado (hora, día, mes, año) se mide en  $kWh/m^2$  (o  $MJ/m^2$ ). Este valor varía en función de la zona.

Para diseñar una instalación fotovoltaica, es esencial comprender la radiación del área e identificar las horas de mayor sol. Para lograrlo, debemos tener las tablas de radiación solar actualizadas de nuestra ubicación.

Para calcular las distintas partes de la radiación sobre una superficie terrestre, será necesario conocer el incidente de radiación sobre una superficie situada fuera de la atmósfera, conocida como radiación extraterrestre.

La irradiancia es la magnitud que describe la radiación o intensidad de la iluminación solar que llega hasta nosotros medida por unidad de superficie. En el SI (Sistema Internacional de Unidades), su unidad de medida es  $W/m^2$ .

La irradiación, por otro lado, es la cantidad de energía recibida por unidad de superficie y tiempo, es decir, la irradiación recibida durante un período de tiempo determinado. Se mide generalmente en vatios por metro cuadrado o, en el caso de un día ( $Wh/m^2$ ).

## 1.6. Hora Solar Pico (HSP)

La hora solar pico, también llamada horas de sol efectivas, se determina a partir de la irradiación recibida durante un día. Esta medida permite calcular la energía que un panel solar puede producir en un día y luego utilizar este dato para estimar su producción total diaria. Además, se puede extrapolarse para obtener la HSP en semanas, meses o años, lo que permite calcular la energía generada durante toda la vida útil del panel.

Es importante destacar que todos los paneles pueden alcanzar el máximo de su capacidad de producción una vez fabricados, bajo las Condiciones Estándar de Medida (CEM).

La HSP reviste gran importancia para un sistema de energía solar, ya que durante estas horas la instalación fotovoltaica recibe una mayor radiación solar, lo que se traduce en una mayor generación de electricidad. En resumen, durante la HSP se maximiza la eficiencia en la utilización de la energía solar, lo que contribuye a reducir las pérdidas.

## 1.7. Iluminancia

La cantidad de luz incidente sobre una superficie se conoce como iluminancia. La cantidad de flujo luminoso que incide en una superficie por unidad de área se conoce como En otras palabras, es la cantidad de luz que llega a un lugar específico. La superficie será más brillante con mayor iluminancia. La iluminación se utiliza en una variedad de campos, incluida la iluminación arquitectónica, la ingeniería de iluminación, la iluminación de seguridad y ambientes externos.

La iluminancia en un sistema fotovoltaico se refiere a la cantidad de luz solar que entra en los paneles fotovoltaicos. Es una medida crucial para evaluar el rendimiento y la eficiencia del sistema fotovoltaico debido a la cantidad de luz solar que llega a los paneles y que afecta directamente la cantidad de electricidad que pueden producir.

La iluminancia se mide sustancialmente en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ) o en irradiancia solar, que mide la potencia solar por unidad de área. Ambas unidades son esenciales para determinar el volumen de energía solar que el proceso fotovoltaico puede convertir en electricidad.

## 1.8. Flujo Luminoso

La cantidad total de luz visible emitida por una fuente de luz en todas las direcciones se conoce como flujo luminoso. La cantidad de energía luminosa percibida por el ojo humano se mide en lúmenes (lm). En otras palabras, el flujo luminoso mide la "cantidad" de luz que emite una fuente según la percepción visual humana.

Es fundamental diferenciar el flujo luminoso de la iluminación. La iluminancia es la cantidad de luz que incide sobre una superficie en un entorno específico, mientras que el flujo luminoso es la cantidad total de luz que emite una fuente de luz.

El flujo luminoso es una medida de la cantidad de luz emitida por una lámpara, bombilla o cualquier otra fuente de luz. Es esencial para asegurarse de que los niveles de iluminación sean adecuados para las diferentes aplicaciones. Por lo tanto, una característica esencial en el diseño de sistemas de iluminación.

El flujo luminoso de un sistema fotovoltaico es la cantidad de luz solar que fluye y llega a las superficies de los paneles solares. Es una medida importante para evaluar el rendimiento y la eficiencia del sistema fotovoltaico al convertir la energía solar en electricidad.

Los ingenieros y diseñadores de sistemas fotovoltaicos utilizan mediciones de flujo luminoso solar para determinar la mejor ubicación, orientación e inclinación de los paneles solares para maximizar la captación de luz solar. Además, estas mediciones son esenciales para calcular la producción energética prevista del sistema, calculando en la cantidad de luz solar disponible en la zona y otros factores ambientales.

## 1.9. Luxómetro

Es un instrumento que se utiliza para evaluar la intensidad de la luz en un área específica y es una herramienta importante en una variedad de campos de trabajo. La intensidad de la luz se mide en lux, y un luxómetro generalmente mide entre 0 y 200.000 lux.

El funcionamiento principal de un luxómetro se basa en el uso de un fotodiodo o un fotorresistor para transformar la luz a través de una señal eléctrica, que se mide y representa en el dispositivo como lux. Algunos luxómetros también tienen otras funciones. Por ejemplo, pueden registrar datos, pantallas digitales y medir varias longitudes de onda de luz.



**Figura 1.6:** Luxómetro Digital.



## CAPÍTULO 2

### SIMULACIÓN DE ILUMINACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA

Este capítulo abordará el diseño del sistema de iluminación de las dos paradas de autobuses cercanas a la salida de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Solo una de las dos paradas de buses se implementará, aunque se hará el diseño lumínico. Un sistema solar fotovoltaico automatizará esta parada, brindando a los usuarios mayor seguridad y confiabilidad mientras esperan el transporte público.

El proceso de diseño de un sistema de iluminación solar fotovoltaica se discutirá en este capítulo. Debido a su sostenibilidad y contribución a la reducción de la huella ambiental, la adopción de fuentes de energía renovable, en particular la energía solar, ha ganado gran importancia en los últimos años. Este capítulo aborda los conceptos y métodos utilizados en el diseño de un sistema de iluminación eficiente que utiliza paneles fotovoltaicos para generar energía solar.

Optimizar la luminosidad y la automatización en las paradas de autobús ofrecerá a los pasajeros una espera más cómoda y segura, especialmente beneficiando a estudiantes, profesores y residentes locales.

El proyecto propuesto tendrá un impacto significativo en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, ya que permitirá mejorar la eficiencia de las paradas de buses cercanas, lo que será beneficioso para los estudiantes que estudian carreras nocturnas.

El sistema de transporte urbano de Cuenca también experimentará ventajas, al lograr un mayor ahorro energético, lo que conllevará a un impacto ambiental positivo. La principal ventaja de la energía solar radica en su capacidad para no generar emisiones contaminantes, tanto de forma directa como indirecta, a diferencia de otras fuentes de energía.

El primer paso hacia la planificación e instalación del sistema solar fotovoltaico consistirá en llevar a cabo el diseño lumínico conforme a los estándares establecidos por la normativa ANSI C78.377-2008.

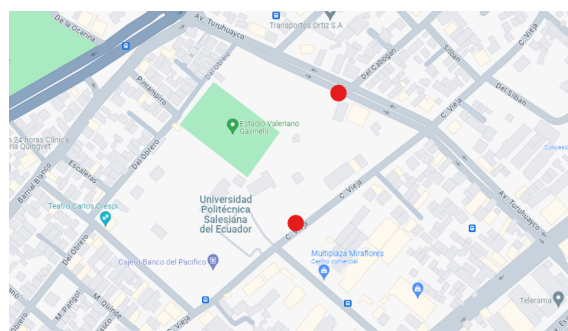
Esta normativa se fundamenta en las regulaciones técnicas para dispositivos LED, incluyendo lámparas con LED y controlador integrado, así como luminarias LED con controlador integrado, tanto para aplicaciones en interiores como en exteriores, incluyendo alumbrado público.

Posteriormente, se procederá a identificar los tipos de luminarias y las técnicas de iluminación que se emplearán. Es crucial que esta implementación sea eficiente y cumpla con las normativas actuales para la iluminación exterior y la publicidad.

## 2.1. Estudio lumínico de las paradas de bus.

Las dimensiones del espacio, la altura de la lámpara y su distancia con la superficie objetivo, así como los valores propios de la lámpara, deben tenerse en cuenta para determinar la cantidad de luz adecuada.

Con el objetivo de proyectar los niveles de luminancia deseados sobre una superficie específica, el análisis del dimensionamiento de un sistema de iluminación se basa en las condiciones actuales.



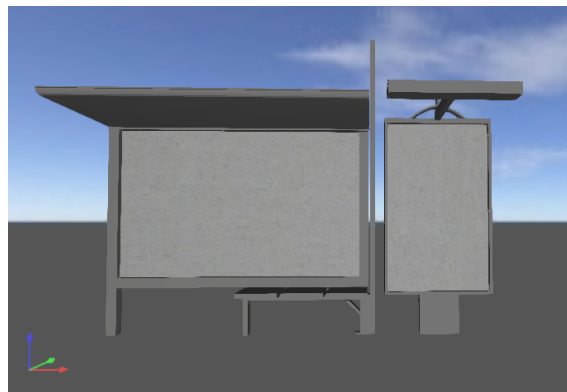
**Figura 2.1:** Ubicación de las paradas de buses.

La ubicación de la primera parada es Calle Vieja y Elia Liut, mientras que la ubicación de la segunda parada es Avenida Turuhayco y Calle del Cabogan.

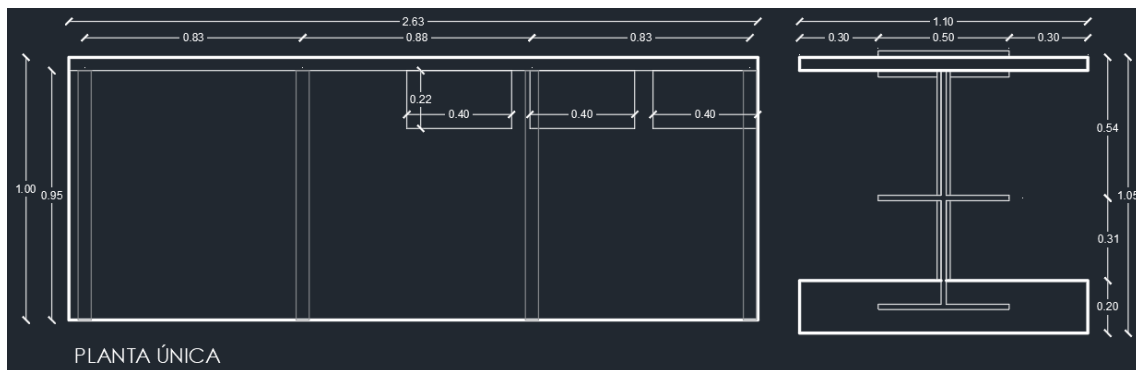
### 2.1.1. Parada Calle Vieja y Elia Liut

El diseño tridimensional de la marquesina y valla publicitaria de la parada de autobús, creado con el software DIALUX, se muestra a continuación en la figura [2.1] y [2.2].

La medición de las estructuras existentes en la parada de autobús ubicada en la entrada principal de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca (Calle Vieja y Elia Liut) fue la base para el diseño.

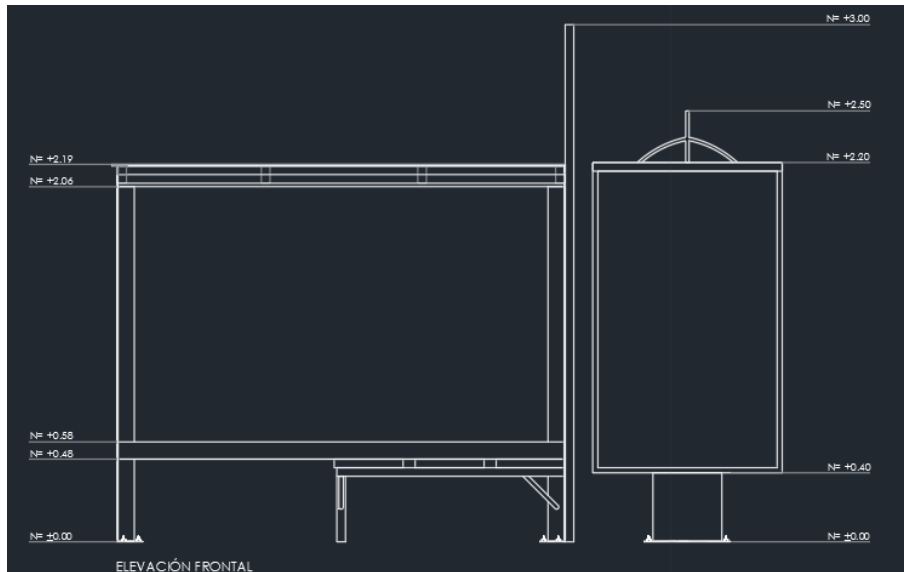


**Figura 2.2:** Levantamiento de la marquesina y valla publicitaria(S.Romero, D.Jiménez).



**Figura 2.3:** Levantamiento de la marquesina y valla publicitaria(S.Romero, D.Jiménez).

Mediciones Planta Única	
Techo Parada de Bus	2.60x0.95m
Asientos	0.4x0.22m
Cuadrante Izq.	0.95x0.83m
Cuadrante Med.	0.95x0.88m
Cuadrante Der.	0.95x0.83m
Valla Publicitaria	1.10x1.05m

**Tabla 2.1:** Mediciones Planta Única.**Figura 2.4:** Levantamiento de la marquesina de la parada de bus(S.Romero, D.Jiménez).

Mediciones Elevación Frontal	
Marquesina	2.19x2.60m
Altura Asientos	0.48m
Altura Valla Publicitaria	2.50m
Altura Soporte Panel	3.00m

**Tabla 2.2:** Mediciones Elevación Frontal.

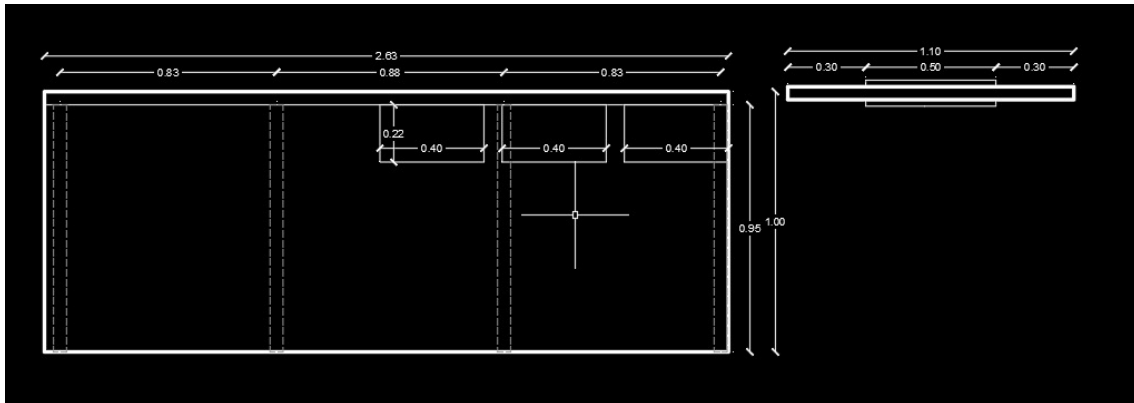
### 2.1.2. Parada Avenida Turuhayco

El diseño tridimensional de la marquesina y valla publicitaria de la parada de autobús, creado con el software DIALUX, se muestra a continuación en la figura [2.5] y [2.6].

La medición de las estructuras existentes en la parada de autobús ubicada en la entrada principal de rectorado de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca (Avenida Turuhayco) fue la base para el diseño.



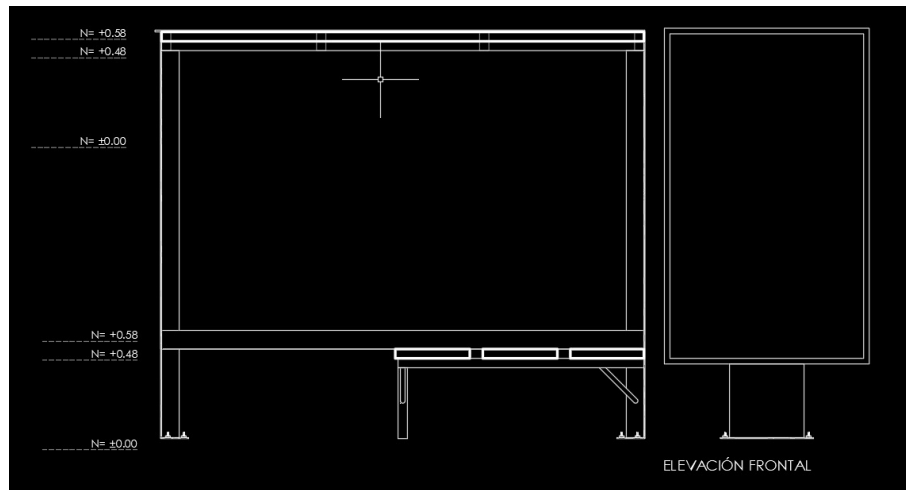
**Figura 2.5:** Levantamiento de la marquesina y valla publicitaria(S.Romero, D.Jiménez).



**Figura 2.6:** Levantamiento de la marquesina y valla publicitaria(S.Romero, D.Jiménez).

Mediciones Planta Única	
Techo Parada de Bus	2.60x0.95m
Asientos	0.4x0.22m
Cuadrante Izq.	0.95x0.83m
Cuadrante Med.	0.95x0.88m
Cuadrante Der.	0.95x0.83m
Valla Publicitaria	1.10x1.05m

**Tabla 2.3:** Mediciones Planta Única.



**Figura 2.7:** Levantamiento de la marquesina de la parada de bus (S.Romero, D.Jiménez).

Mediciones Elevación Frontal	
Marquesina	2.19x2.60m
Altura Asientos	0.48m
Altura Valla Publicitaria	2.50m

**Tabla 2.4:** Mediciones Elevación Frontal.

## 2.2. Calculo Lumínico.

Se debe considerar también el uso que se realizará en el área que se realizará el calculo lumínico.

En esta situación, se calculó una iluminación media de cincuenta luxes ( $E_m=50$  lux) en los paneles verticales de la parada de autobús, los cuales muestran publicidad e información acerca de las rutas y líneas de los autobuses que transitan por ese punto. Esta iluminación se sugiere para superficies claras en un entorno con una tonalidad oscura circundante.

No obstante, en las superficies horizontales, la normativa RTE INEN 038:2008 especifica una iluminancia de ochenta luxes 80 a 150 luxes a una distancia estándar de 80 cm por debajo de la fuente de luz, aplicable a entornos exteriores.

Las recomendaciones anteriores guardan similitud con las establecidas en los convenios de iluminación fotovoltaica en las paradas de autobús de Santiago de Chile.

En dichos acuerdos se especifica que el sistema debe garantizar una adecuada intensidad de iluminación debajo del techo raso para permitir la lectura de información.

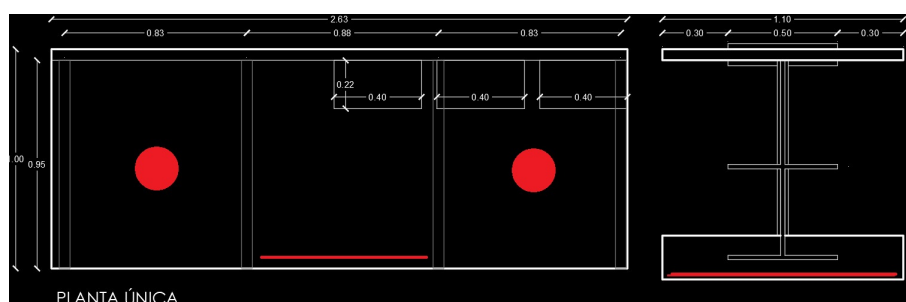
Cuando se realiza la fase inicial del proyecto de iluminación, es importante considerar lo siguiente:

- Determinar el nivel medio de iluminación, este valor es importante ya que en base a eso se determinará el tipo de luminaria que se requiere.
- Elegir el tipo de lámpara adecuado para el tipo de actividad que se realizará, en este caso para la iluminación de la parada de bus y elegir el sistema de iluminación que mejor se adapte a las necesidades requeridas.

Se realizará una simulación en DIALUX para determinar las luminarias y la cantidad específica, tomando en cuenta las normativas antes mencionadas.

### 2.3. Distribución y Elección del tipo de luminarias.

La figura 2.8 muestra la disposición o distribución física de los lugares destinados al uso de ciertos tipos de luminarias. En consecuencia, se sustenta anteriormente en los cálculos lumínicos y se toma la decisión de optar por la instalación de luminarias LED del tipo strip y luminarias Slim Panel Empotrable RD, distribuyendo las luminarias a una distancia uniforme entre sí.



**Figura 2.8:** Ubicación de luminarias(S.Romero, D.Jiménez).

#### 2.3.1. Luminarias Cinta LED.

Las luminarias LED tipo Strips, también conocidas como tiras LED o cintas LED, son dispositivos de iluminación que consisten en un conjunto de diodos dispuestos en

una tira flexible. Estas tiras suelen estar recubiertas por una cubierta de silicona o resina para proteger los componentes electrónicos y permitir una instalación sencilla.

Las tiras LED son altamente versátiles y se utilizan comúnmente en aplicaciones de iluminación decorativa y ambiental. Pueden ser cortadas o unidas en diferentes puntos, lo que permite adaptar su longitud y forma a diferentes espacios y diseños. Además, su flexibilidad les permite instalarse en lugares donde otros tipos de luminarias no pueden llegar fácilmente.



**Figura 2.9:** Tira led Strip 5m Sylvania.

### 2.3.2. Luminaria Slim Panel Led Empotrable RD

Las luminarias de tipo Panel Led por ahorro, ecología y eficiencia, el uso del panel LED está llenando de luz: techos, rincones y todo tipo de estancias. Son una alternativa a los viejos paneles fluorescentes, con el añadido de dar un toque original a la decoración.

Aunque la tecnología LED se ha utilizado desde hace mucho tiempo, los paneles de luz que utilizan esta tecnología son relativamente nuevos en el mercado. Los paneles de luz que utilizan esta tecnología están ganando terreno en el mercado de iluminación debido a sus características y diseño innovadores.





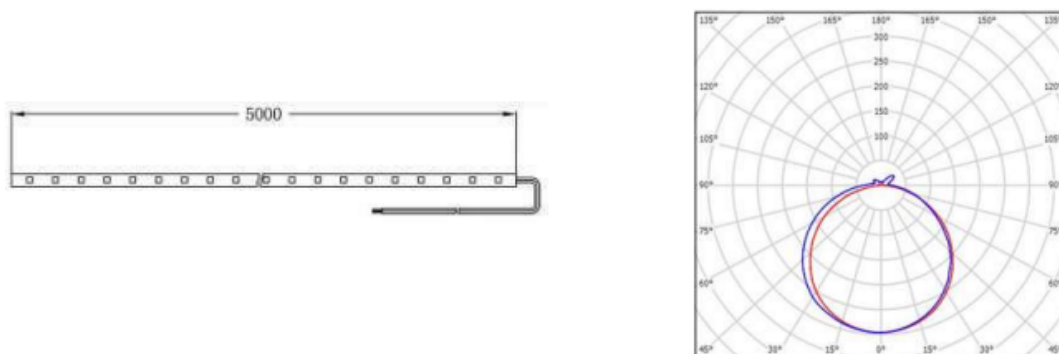
**Figura 2.10:** Led panel empotrable RD Sylvania.

### 2.3.3. Curva Fotométrica

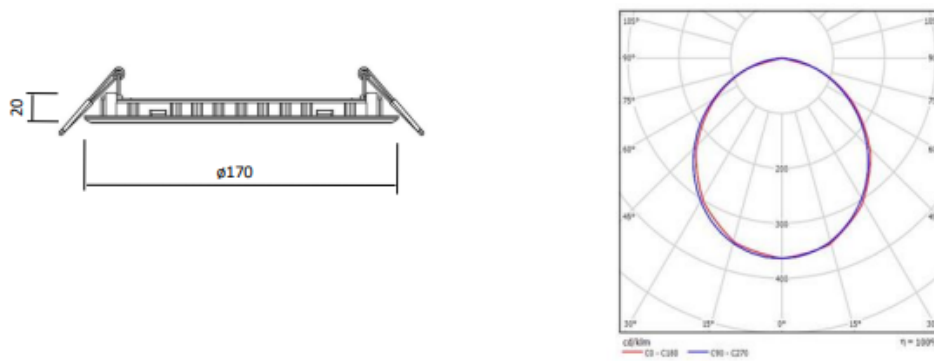
Las representaciones gráficas de las curvas fotométricas ofrecen una visualización del rendimiento lumínico de la fuente de luz de la luminaria prevista para su uso. Estas curvas revelan una serie de atributos relacionados con la naturaleza de la fuente de luz, el tipo de reflector, la óptica o el diseño de las luminarias. Disponer de estas curvas y archivos fotométricos asociados es esencial para seleccionar la luz o la fuente más adecuada para cada proyecto de iluminación.

Para llevar a cabo los cálculos necesarios, se debe contar con archivos fotométricos que sean fiables y que coincidan con las curvas polares proporcionadas por los fabricantes en los catálogos de luminarias.

Las tiras LED y los paneles LED presentan una excelente distribución de luz en una dirección directa.



**Figura 2.11:** Fotometría luminaria LED tipo Strips.



**Figura 2.12:** Fotometría Slim Panel Led Empotrable RD.

Debido a sus distintos niveles de eficiencia lumínica, estas luminarias pueden experimentar variaciones significativas en términos de precio, presentación y disponibilidad al momento de su compra.

#### 2.3.4. Parámetros de luminarias.

Para respaldar un tipo o modelo específico de luminarias LED, hay parámetros y aspectos que deben tenerse en cuenta. Se debe conocer las diferentes longitudes de onda y el potencial que se debe aplicar a cada chip de una luminaria para lograr un color de luz específico al usar estas luces.

Color	Longitud de onda (nm)	Voltaje [V]
Rojo	621-624	1.8-2.2
Anaranjado	590-610	2.1-2.2
Amarillo	584-588	2.1-2.4
Verde	520-525	2-3.5
Azul	460-475	3.5-3.8
Blanco	Todo el espectro	3.6

**Tabla 2.5:** Parametros Longitud de Onda.

La siguiente tabla muestra los niveles de voltaje.

Potencia [W]	Tensión Nominal [V]
$P \leq 800$	12
$800 < P < 1600$	24
$1600 < P < 3200$	48
$P > 3200$	120

**Tabla 2.6:** Niveles de Voltaje.

La elección del color de luz más adecuado para iluminar efectivamente las superficies es otro factor a tener en cuenta. Dado que la estructura está en la acera de la vía pública, recibe un aporte lumínico de las luminarias viales de la ciudad, que generalmente están ubicadas en alturas de 8 a 12 metros y utilizan lámparas de vapor de sodio de alta presión que emiten luz de tonalidad amarilla.

Proporcionar iluminación debajo de la marquesina de una parada de autobús tiene como objetivo mejorar la comodidad de los transeúntes presentes al mismo tiempo que facilita la observación y lectura de la publicidad y la información disponible.

Dado que en los alrededores prevalece la presencia de luz amarilla, se propone contrarrestar esta tonalidad mediante el uso de luminarias LED con luz blanca ( $5000^{\circ}\text{K}$ ). Este enfoque busca proporcionar un descanso visual y un nivel de iluminación adecuado para facilitar la lectura de la información presente.

Según lo demostrado, las luces LED con luz blanca fría son la mejor opción para iluminar una parada de autobús.

## 2.4. Simulación de sistema lumínico con el software DIA-Lux.

En la actualidad, el uso de herramientas e instrumentación ha reducido significativamente el tiempo y el esfuerzo requeridos por los diseñadores, sin importar el entorno en el que se desenvuelven, ya sea técnico, social, cultural, educativo, entre otros.

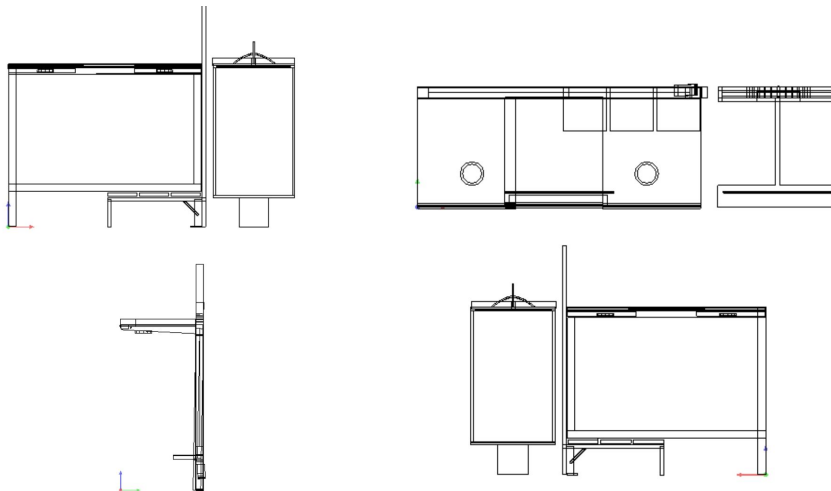
Existe una variedad de programas enfocados en el estudio de la iluminación interior y exterior. Estos programas brindan herramientas útiles para analizar y

diseñar sistemas de iluminación efectivos que se adapten a las necesidades específicas de cada entorno.

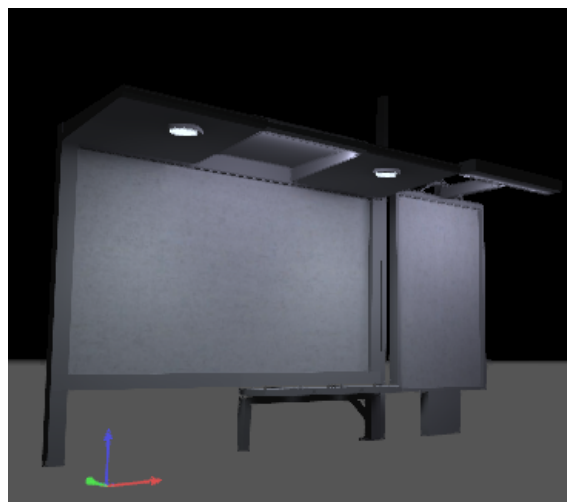
Se utilizó DIALUX; este software es gratuito y ha sido creado para realizar análisis lumínicos en superficies internas y externas. Los plugins proporcionados por los fabricantes de lámparas y luminarias brindan un entorno compatible con archivos CAD.

Estos plugins mejoran la precisión y la eficacia del estudio lumínico al integrar y utilizar modelos específicos de lámparas y luminarias.

A continuación, se observarán los planos 2D en la figura [2.15] y la simulación en DIALUX de la misma en la figura [2.16].



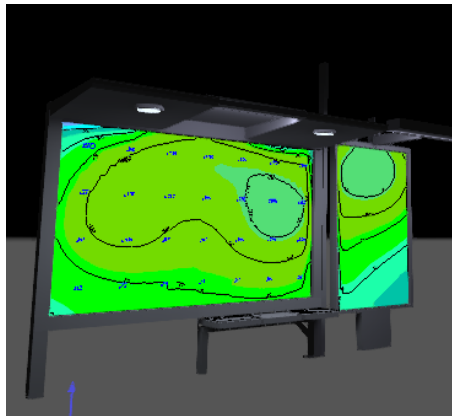
**Figura 2.13:** Planos 2D de la simulación(S.Romero, D.Jiménez).



**Figura 2.14:** Simulación en DIALUX(S.Romero, D.Jiménez).

La figura [2.15] y [2.16] muestran la simulación de un sistema lumínico previo a la ejecución de un proyecto de construcción, permitiendo así realizar un estudio detallado mediante DIALux. A continuación en la figura 2.17, se pueden apreciar los colores falsos de la simulación que indican la distribución de la luz. La representación en colores falsos en la superficie de la parada de autobús ofrece una visión de la iluminación, permitiendo verificar la difusión de la luz y garantizar una cobertura uniforme en toda el área.

DIALux ofrece la posibilidad de ajustar la geometría, las dimensiones de la estructura, la inclinación, la disposición de las luminarias y otros parámetros adicionales. Estas modificaciones se llevan a cabo con el propósito de obtener resultados que cumplan con los requisitos específicos de iluminación para una área de trabajo determinada.



**Figura 2.15:** Simulación en DIALUX colores falsos.

## 2.5. Características y perfiles de consumo.

Varían según el tipo de instalación, en el caso de las instalaciones solares fotovoltaicas independientes de la red, también conocidas como sistemas off-grid, su diseño está directamente vinculado al perfil de consumo. A continuación, se describe dichos perfiles de consumo.

CONSUMO CONSTANTE A LO LARGO DEL DIA: Debido a que estas instalaciones están conectadas continuamente a los dispositivos de consumo, existe una demanda constante a lo largo del tiempo. Los sistemas de alarmas, la señalización, los repetidores de radiofrecuencia y las estaciones meteorológicas son algunos de los numerosos usos para ellos.

**CONSUMO MAYORITARIAMENTE NOCTURNO:** Estas instalaciones están sujetas a la duración de la noche o a las necesidades específicas del proyecto. Se utilizan comúnmente en aplicaciones como alumbrado público, señalización de carreteras, señalización de navegación aérea, faros marinos e iluminación en paradas de buses.

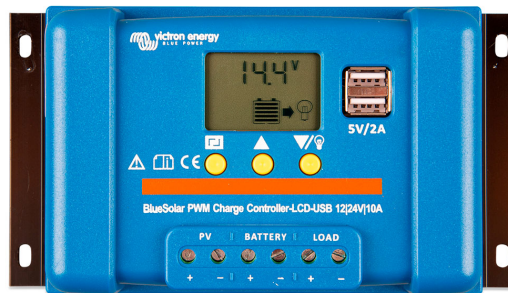
**CONSUMO DURANTE EL DÍA:** Estas instalaciones funcionan durante los momentos de mayor exposición solar y se emplean por ejemplo en sistemas de bombeo de agua o en sistemas con una duración durante casi todo el día.

**DOMESTICAS:** Estas instalaciones requieren una planificación precisa del consumo a lo largo del día, dado que involucran dispositivos con demanda temporal y constante en todas las horas. Un ejemplo de aplicación para este tipo de instalaciones es la electrificación de viviendas aisladas.

## **2.6. Controlador solar de iluminación.**

Un controlador es esencial para garantizar que un sistema fotovoltaico funcione de manera eficiente y segura. Una de sus principales funciones es el seguimiento del punto de máxima potencia, que consiste en ajustar la carga o la impedancia del panel solar para maximizar la cantidad de energía eléctrica que puede extraerse bajo diferentes condiciones de radiación solar.

Además, el controlador puede gestionar las cargas utilizando diversos modos de programación para el encendido y apagado, considerando las cargas que deben ser alimentadas, es necesario que el circuito de control sea del tipo encendido/apagado (control ON/OFF), con la capacidad de activarse o desactivarse en cualquier momento durante el día. Esto puede lograrse mediante la inclusión de un reloj o temporizador interno propio del controlador o externo. El Controlador de iluminación que se implementara en el sistemas de iluminación fotovoltaica se presenta en la figura [2.18].



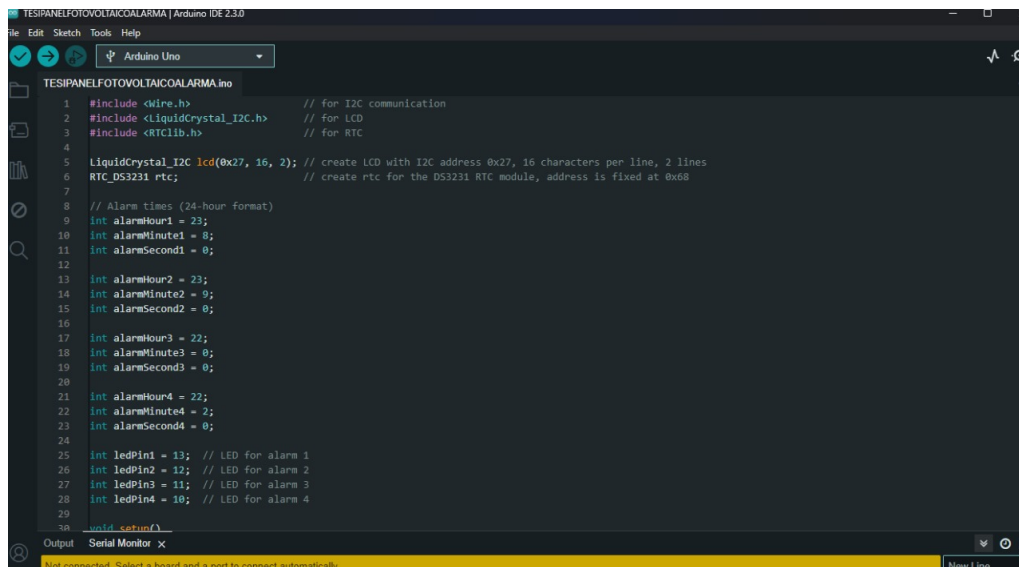
**Figura 2.16:** Controlador-BlueSolar-12-24V-10A. [2]

## MODELADO DEL TIMER

El cronómetro que hemos configurado con la IDE de Arduino permite automatizar el encendido y apagado de un dispositivo eléctrico durante intervalos de tiempo específicos.

Hemos programado el dispositivo utilizando el IDE de programación de Arduino para que se encienda desde las 6 de la tarde hasta las 11 de la noche, y luego se encienda nuevamente desde las 5 de la mañana hasta las 6 de la mañana. Este período coincide con momentos de alta utilización de una parada de autobús, proporcionando así la iluminación necesaria para los usuarios del sistema de transporte público que se encuentran en la parada de bus en horas de baja iluminación.

Este sistema se basa en un Arduino que se conecta un relé que controla el suministro de energía del dispositivo eléctrico. El código que se carga en el Arduino configura las condiciones para activar y desactivar el relé en los horarios establecidos. Esta solución, que solo se puede usar con la IDE de Arduino, permite al usuario controlar el encendido y apagado automático de dispositivos eléctricos con facilidad.



```
1 #include <Wire.h> // for I2C communication
2 #include <LiquidCrystal_I2C.h> // for LCD
3 #include <RTClib.h> // for RTC
4
5 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // create LCD with I2C address 0x27, 16 characters per line, 2 lines
6 RTC_DS3231 rtc; // create rtc for the DS3231 RTC module, address is fixed at 0x68
7
8 // Alarm times (24-hour format)
9 int alarmHour1 = 23;
10 int alarmMinute1 = 8;
11 int alarmSecond1 = 0;
12
13 int alarmHour2 = 23;
14 int alarmMinute2 = 9;
15 int alarmSecond2 = 0;
16
17 int alarmHour3 = 22;
18 int alarmMinute3 = 0;
19 int alarmSecond3 = 0;
20
21 int alarmHour4 = 22;
22 int alarmMinute4 = 2;
23 int alarmSecond4 = 0;
24
25 int ledPin1 = 13; // LED for alarm 1
26 int ledPin2 = 12; // LED for alarm 2
27 int ledPin3 = 11; // LED for alarm 3
28 int ledPin4 = 10; // LED for alarm 4
29
30 void setup()
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
```

**Figura 2.17:** Interfaz del Código del Arduino(S.Romero, D.Jiménez).



## CAPÍTULO 3

### DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

El presente capítulo aborda el dimensionamiento y la propuesta de optimización del sistema solar fotovoltaico que se implementará en las paradas de buses cercanas a la Universidad Politécnica Salesiana. Este sistema requerirá un estudio previo y cálculos para elegir los componentes apropiados y necesarios para la construcción e implementación del sistema.

Adicionalmente, se tiene en cuenta una segunda meta, que se enfoca en la posibilidad de que las demás paradas de buses sean iluminadas en el futuro. Estas dos paradas serían un prototipo para que se iluminen el futuro. Además, al optimizar el sistema solar fotovoltaico, se lleva a cabo un estudio de costo-beneficio durante la construcción e implementación del sistema para encontrar la mejor eficiencia.

#### **3.1. Análisis de parámetros meteorológicos solares**

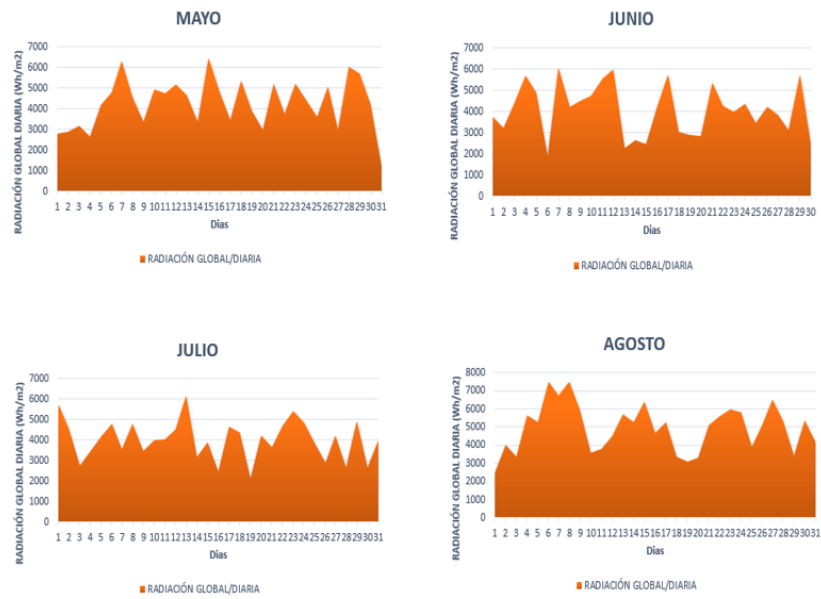
La cantidad total de radiación solar o irradiación global que incide sobre los paneles solares durante un día se mide en kilovatios por metro cuadrado, o bien, puede convertirse a su equivalente en horas efectivas de sol (HSP). Los datos de radiación solar se han obtenidos a través de los archivos proporcionados por el departamento de Ingeniería Ambiental de la UPS sede Cuenca, recopilados por la estación meteorológica que se encuentra ubicada en la Universidad Politécnica Salesiana. La manipulación de estos datos se empleará en la determinación de las Horas Solares Pico (HSP), que serán fundamentales en el dimensionamiento del proyecto.

La base de datos consta con la recopilación de los mismos desde el año 2014 hasta el mes de enero del año 2021. Los registros representan presión atmosférica, precipitación, humedad relativa, radiación solar difusa y global, temperatura del ambiente y del suelo, dirección y datos de ráfaga del viento.

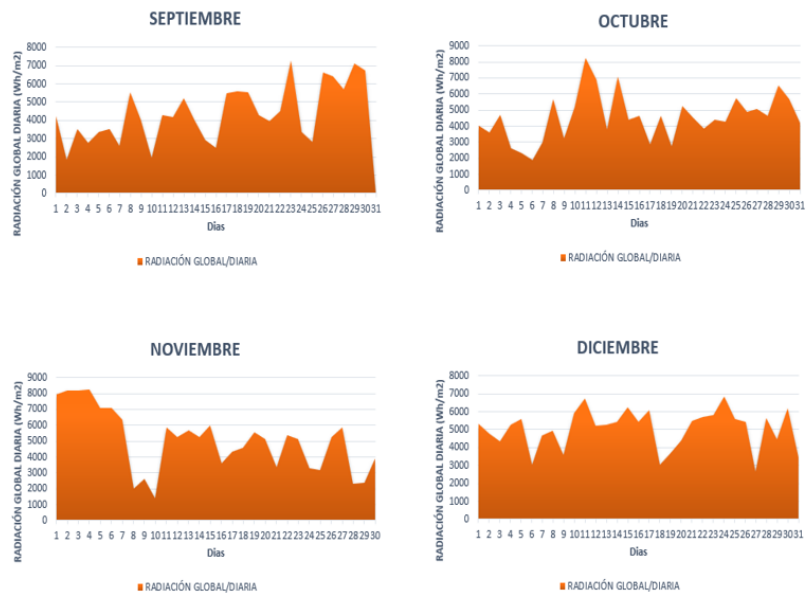
Cabe recalcar que se tomarán en cuenta solo los datos de radiación solar difusa y radiación solar global del año más reciente, el cual sería el año 2020. Estas mediciones se efectúan cada hora, desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre de cada año. Los resultados se muestran en gráficos mensuales de irradiancia.



**Figura 3.1:** Irradiancia Enero-Abril Estación Meteorológica de la UPS. (S.Romero, D.Jiménez)



**Figura 3.2:** Irradiancia Junio-Septiembre Estación Meteorológica de la UPS.(S.Romero, D.Jiménez)



**Figura 3.3:** Irradiancia Octubre-Diciembre Estación Meteorológica de la UPS.(S.Romero, D.Jiménez)

RADIACION SOLAR GLOBAL DIARIA (2020) [kWh/m <sup>2</sup> /día]						
MES	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun
Promedio	4956	4828	4934	4149	4265	4074
Mes	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio	4033	5052	4391	4532	5008	5039

**Tabla 3.1:** Promedio mensual de Radiación de la Estación Meteorológica de la UPS.(S.Romero, D.Jiménez)

La tabla 3.1 muestra los valores de radiación solar promedio, que nos permiten deducir que la radiación más baja de todo el año es de junio de 2020 y la radiación más alta es de diciembre del mismo año.

Las horas solares pico (HSP) se definen como una medida de irradiación solar, considerando una radiación constante de 1000 W/m<sup>2</sup>. En consecuencia, se expresa en unidades de "horas". Por lo tanto, cuando mencionamos 1 hora de sol pico (HSP), estamos describiendo la cantidad de energía recibida de una radiación de 1000 W/m<sup>2</sup> durante 1 hora.

Por lo tanto, se tomará en cuenta el mes con menos irradiación solar el cual será el mes de junio con 4074 kWh/m<sup>2</sup>/día, en HSP equivale a 4,07 horas.

### 3.1.1. Estimación del ángulo de inclinación según las coordenada geográficas.

La inclinación óptima de un panel solar está determinada por la ubicación geográfica donde se instalará un Sistema Fotovoltaico Autónomo (SFA). Las coordenadas de latitud y longitud de la ubicación del proyecto pueden obtenerse fácilmente mediante un sistema de posicionamiento global (GPS) o mediante diversos programas disponibles en línea.

Inclinación	Vmax	Temperatura	Irradiación
Grados	V	C	Wh/m2/dia
Inclinación 0	17,41	21,9	366,552
Inclinación 5	17,97	21,9	525,667
Inclinación 5,7	16,81	21,9	227,747
Inclinación 10	19,40	22,2	1234,642
Inclinación 15	15,87	22,1	55,809
Inclinación 20	17,53	22,1	403,761

**Tabla 3.2:** Irradiación e inclinación de paneles monocristalinos. [4]

En base al estudio de [4], después de analizar los datos de voltaje, temperatura e irradiancia, y realizar los cálculos correspondientes, se ha determinado que la mejor opción para una ubicación con latitud de  $-2.88^\circ$  y longitud de  $-78.98^\circ$  es un ángulo de inclinación óptimo (opt) de  $10^\circ$ . Este ángulo ha sido identificado como el más eficiente para maximizar el rendimiento del panel solar en esa ubicación geográfica específica.

### 3.2. Selección del panel fotovoltaico

La selección de un panel fotovoltaico implica considerar varios factores clave para garantizar un rendimiento eficiente y adecuado a las necesidades específicas. En primer lugar, se evalúa la potencia nominal del panel, medida en vatios (W), para determinar su capacidad de generación de energía.

Se presta atención a la eficiencia del panel, que indica cuánta luz solar puede convertir en electricidad. Además, se considera el tipo de célula solar, como monocristalino, policristalino o de película delgada, cada uno con sus propias características de rendimiento. La durabilidad y la garantía ofrecida por el fabricante son factores críticos, ya que afectan la vida útil y el retorno de la inversión. La selección también se basa en la disponibilidad de espacio y consideraciones estéticas junto con la comparación de precios.

La carga total a instalarse en el sistema de iluminación de la parada de bus estará complementada por:

EQUIPOS:

- 2 luminarias Slim Panel Led Empotrable RD de 12 W
- 1 luminaria led strip 10w/m

$$E_{max} = \sum cantidad * horas * P_{equipo} [Wh/d]$$

Equipos	Cantidad	Consumo C/u	Consumo Gral	Uso Diario (h/día)	Consumo Total
Luminaria Slim Panel Led Empotrable RD	2	12 W	24 W	6 h	144,00 W
Luminaria Led Strip	2	10 W/m	10 W	6 h	120,00 W
TOTAL CARGA INSTALADA					264,00 W

**Tabla 3.3:** Total Carga Instalada.

CALCULO DE CONSUMO REAL (Wh/día)

$$C_T = \text{Carga Total} = 264,00W$$

$$C_R = \text{Consumo Real}$$

$$RG = \text{Rendimiento Global}$$

Se tomarán en cuenta los siguientes coeficiente de perdidas para obtener el rendimiento global, ya que en el sistema solar se presenciarn perdidas de voltaje en los tramos de operación, ya sea con la batería, inversor, auto descarga y perdidas varias como rendimiento de red.

$\alpha_{PA}$  = Coeficiente de pérdidas acumulador, 0.05 en sistemas que no demandan descargas intensas. 0.1 en sistemas con descarga profunda.

$\alpha_{PI}$  = Coeficiente de pérdidas inversor, 0.05 trabajando en régimen óptimo. 0.1 en otras condiciones de trabajo lejos de lo óptimo.

$\alpha_{PC}$  = Coeficiente de pérdidas en controlador de carga eficiente 0.1

$\alpha_{PV}$  = Coeficiente de pérdidas varias, agrupa varias pérdidas como rendimiento de red. efecto joule, etc. 0.05-0.15 como valores de referencia.

$\alpha_{AD}$  = Coeficiente de auto descarga diario, 0.002 para baterías de auto descarga NI-CD, 0.005 Para baterías estacionarias de PB-ACIDOS(LAS MAS HABITUALES), 0.1 en sistemas con auto descarga profunda.

$$RG = (1 - \alpha_{PA} - \alpha_{PI} - \alpha_{PC} - \alpha_{PV}) * (1 - ((\alpha_{AD} * DA)/Pd))$$

$$RG = (1 - 0,05 - 0 - 0,1 - 0,05) * (1 - ((0,005 * 1)/0,6)) = 0,793$$

$$C_R = C_T / RG$$

$$C_R = 264,00W / 0,793 = 332,77W$$

#### CALCULO DEL NUMERO DE PANELES

$P_P$  = Potencia pico del panel

$HSP$  = Hora solar pico, se obtiene por estimaciones en estaciones meteorológicas.

Potencia diaria a producir por los paneles solares: 332,77W/día

$$HSP = 4$$

Voltaje del sistema = 12V

Denominación	Powest Solar Module	
Pmax	120	W
Vnom	12	V
Vmp	18,24	V
Imp	6,68	A
Vo	21,8	V
Isc	6,97	A

**Tabla 3.4:** Hoja característica del módulo fotovoltaico a emplear.

Energía producida al día por un panel fotovoltaico =  $I_{pm} * HSP$

$$I_{pm} * HSP = 6,68A * 4,00 = 26,32Ah/día$$

Tomando en cuenta un panel de 120W, se continuará a calcular el número total de paneles.

$$cP_{serie} = (V_{sistema}/V_{nom}) = 12V/12V = 1 \text{ Panel en serie}$$

$$cP_{paralelo} = (C_R/V_{sistema})/(I_{pm} * HSP) =$$

$$cP_{paralelo} = (332,77W/12V)/(6,68A/4,00) = 1,04 \text{ Panel en paralelo}$$

Con el cálculo que se obtuvo, se puede dar la conclusión de que se necesitará un solo panel de 120W, por ende la potencia del campo fotovoltaico será de 120W y la intensidad de corriente del campo fotovoltaico será de 6,68A.

### CALCULO DE NUMERO DE BATERÍAS

Denominación	Gel Solar Battery	
Capacidad Nominal	50	Ah
Voltaje Nominal	12	V

**Tabla 3.5:** Hoja característica de la batería a emplear.

$Cn_{Ah}$  = Capacidad de acumulación en banco de baterías



$$Cn_{Ah} = (C_R * D_A / V_{SISTEMA}) / (P_d)$$

$$Cn_{Ah} = (332,77Wh * 1/12V) / (0,6) =$$

$$Cn_{Ah} = \text{Capacidad de acumulación en banco de baterías} = 46Ah$$

En base a los cálculos anteriores se llega a determinar una batería de 50Ah, se continuará a calcular el numero total de baterías.

$$cB_{serie} = (V_{sistema} / V_{nom}) = 12V / 12V = 1 \text{ Batería en serie}$$

$$cB_{paralelo} = Cn_{Ah} / \text{CapacidadBateria}$$

$$cB_{paralelo} = 46Ah / 50Ah = 0,92 \text{ (1 Batería en paralelo)}$$

En resumen, es posible utilizar un panel solar policristalino de 120 W junto con una batería de 50 Ah. Por ende, será una gestión eficiente de los recursos, se podrá implementar el proyecto con las luminarias deseadas, aprovechando así la generación del panel y la autonomía de la batería de manera óptima.

### DIMENSIONAMIENTO REGULADOR

El controlador de carga debe operar con el voltaje del sistema correspondiente y debe tener una corriente mínima de al menos un 10 % superior a la corriente máxima de los paneles solares.

Voltaje del sistema: 12 V

Intensidad de corriente máxima de los paneles: 6,68A

Intensidad mínima del regulador:  $6,68 * 1,1 = 7,35A$

Por lo tanto, se necesitará un regulador de 7,35A a 12 V, en el mercado se deberá buscar el más próximo el cual sería de 10A a 12V.

Denominación	Características Regulador	
Voltaje	12	V
Intensidad	10	A

**Tabla 3.6:** Hoja característica del regulador a emplear.

### 3.3. Comparación de métodos de cálculo de paneles solares.

Otro método para dimensionar y calcular paneles solares se presenta, resumido a través de gráficas específicas diseñadas para las condiciones de carga instalada. Para contrastar los valores obtenidos, se utiliza una hoja de cálculo de Excel.

<b>CÁLCULO DE LA ENERGÍA NECESARIA PARA LOS CONSUMOS</b>					
<b>CONSUMOS EN CORRIENTE CONTINUA DC</b>					
Descripción	Número	P(W)	Horas / día	Días de uso / semana	Energía (Wh/semana)
	2	12	6	7	1008
	2	10	6	7	840
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
<b>Total consumos DC</b>					<b>1848,00 Wh/semana</b>
					<b>264,00 Wh/día</b>

Nota: Solo rellenar las celdas en blanco

**Figura 3.4:** Hoja de Calculo para la carga total.

$R = (1-K_b-K_c-K_r-K_v) (1-K_a N/P_d)$	
Kb: Coeficiente de pérdidas por rendimiento en el acumulador.	
Ka: Fracción de energía que se pierde por autodescarga.	
Kc: Pérdidas por el rendimiento del inversor.	
Kr: Pérdidas en el controlador de carga	
Kv: Otras pérdidas no consideradas anteriormente.	
N: Número de días de autonomía para asegurar un servicio sin carga.	
Pd: Profundidad máxima de descarga admisible.	
Seleccione el valor de las constantes en la lista desplegable:	
Acumulados nuevos, sin descargas intenzas	Kb= 0,050
Baterías estacionarias de energía solar	Ka= 0,005
Rendimiento inversor 95%	Kc= -
Controlador de carga eficiente	Kr= 0,100
Si se ha realizado un estudio detallado de pérdidas en eq	Kv= 0,050
Batería descargada hasta el 60%	Pd= 0,600
Vivienda habitual	N= 1
<b>RENDIMIENTO GLOBAL DE LA INSTALACIÓN</b>	<b>R = 0,793</b>

**Figura 3.5:** Hoja de Calculo para el Rendimiento Global.

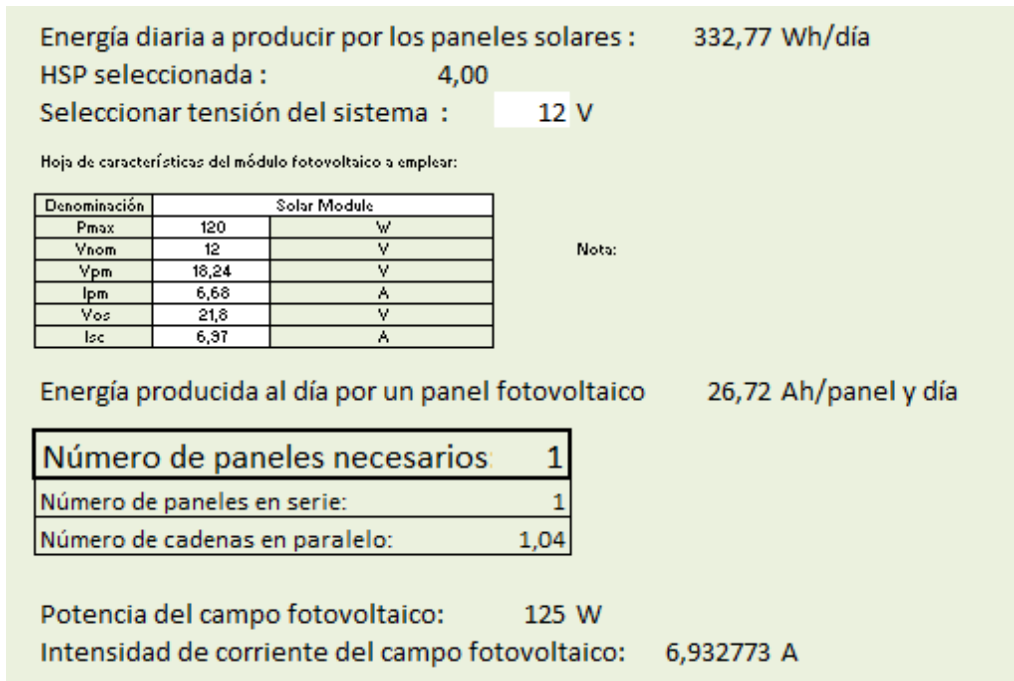


Figura 3.6: Hoja de Calculo para Panel Fotovoltaico.

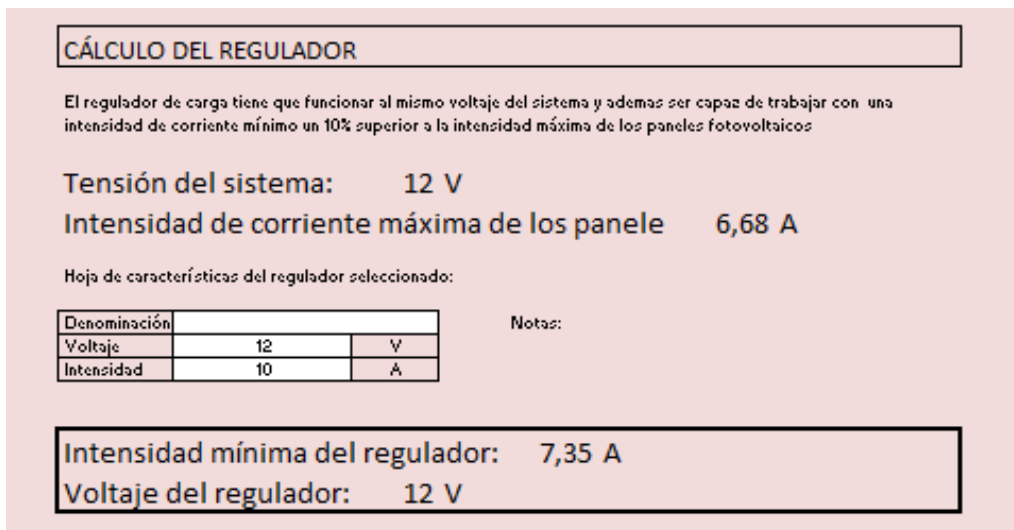
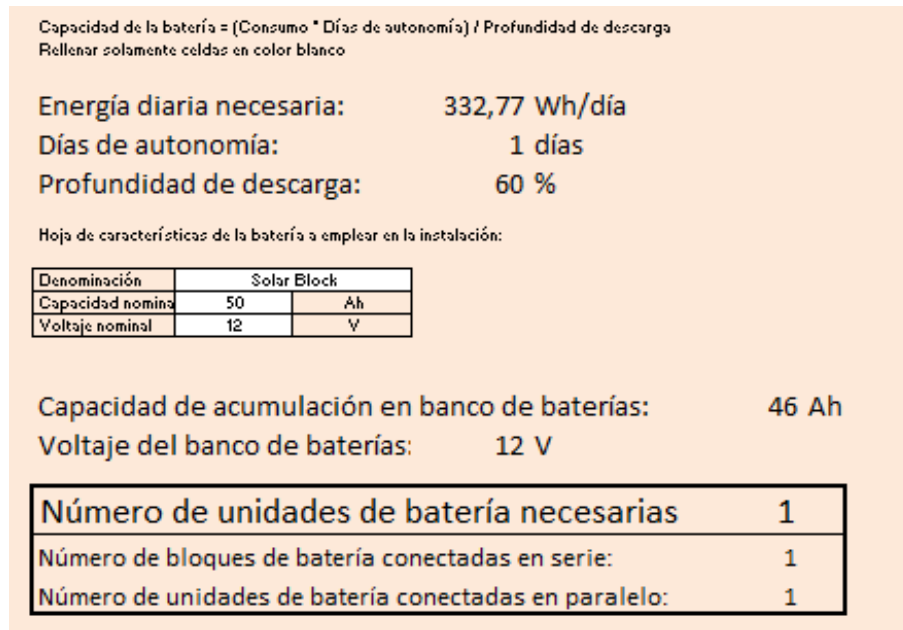


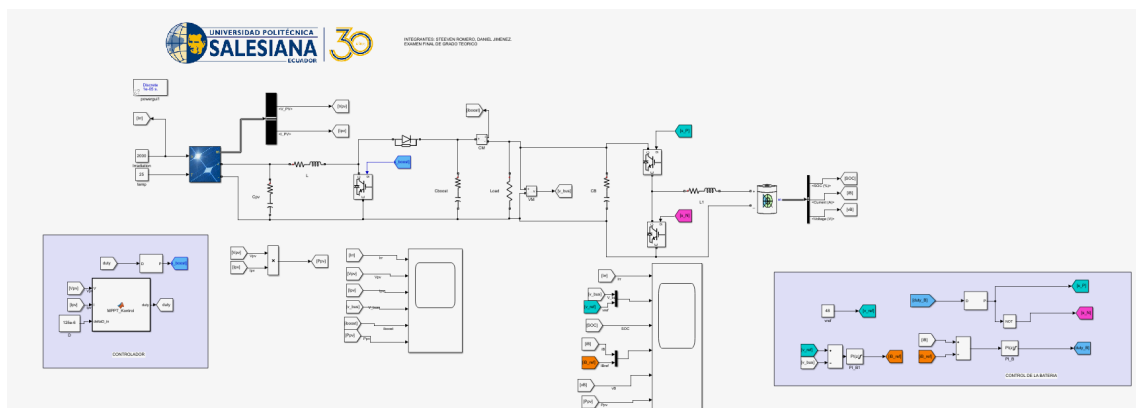
Figura 3.7: Hoja de Calculo para Regulador.



**Figura 3.8:** Hoja de Calculo para Batería.

### 3.4. Evaluación de generación del panel fotovoltaico mediante aplicaciones computacionales.

Este modelado [3] se centra en el diseño y simulación de un Sistema Fotovoltaico de Matlab/Simulink, en este caso utilizamos SimuLink que permite la creación de sistemas dinámicos utilizando diagramas de bloques. Simulink puede ser utilizado para implementar un modelo matemático que representa las interacciones entre los componentes del sistema, como los paneles solares, las baterías y el regulador de carga, en un sistema solar fotovoltaico. En Simulink, los bloques representan los diferentes elementos del sistema y cómo interactúan entre sí, como se observa en la figura [3.9].



**Figura 3.9:** Simulación de un Sistema Fotovoltaico en Matlab/Simulink [3].

Es posible simular el funcionamiento del sistema bajo diversas condiciones, como cambios en la irradiación solar o temperatura, mediante la configuración de parámetros que describen el comportamiento de cada componente.

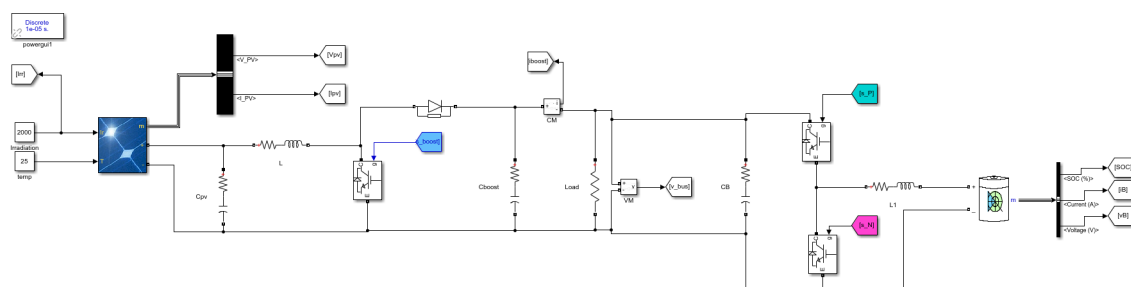
El modelado de un panel solar fotovoltaico se puede crear con varios bloques que muestran sus características eléctricas y cómo funcionan en diferentes condiciones.

Cada fabricante de un Panel solar fotovoltaico debe mencionar los parámetros en condiciones de prueba que se muestran en el siguiente cuadro.

Parameter	Specification	Value
Pstc	Rated Power	168W/m <sup>2</sup>
Gstc	Solar Irradiance	1000W/m <sup>2</sup>
Tc	Cell Temperature	25 C
k	Temperature coefficient for silicone	0,00441 /C

**Tabla 3.7:** Parámetros de un Panel solar Fotovoltaico. [5]

Estos datos juntos con la herramienta SimuLink facilita el diseño, la optimización y la evaluación de sistemas solares fotovoltaicos antes de su implementación física como se muestra en la figura [3.10].

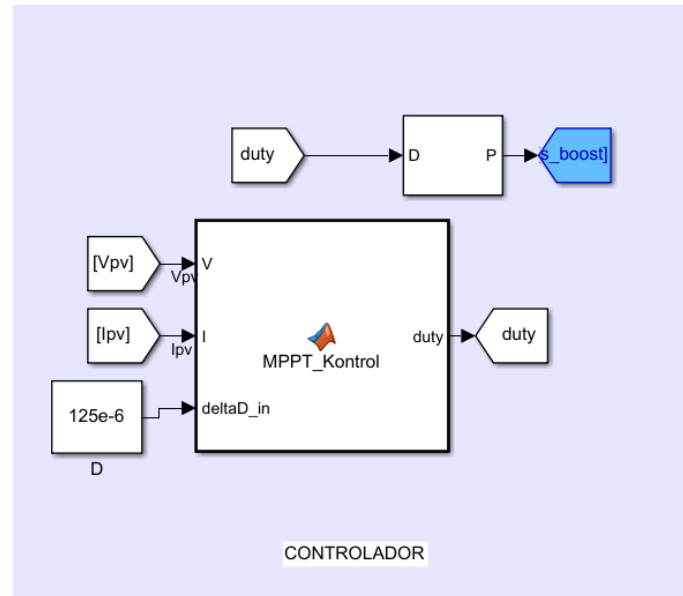


**Figura 3.10:** Simulación de un Panel Fotovoltaico en Matlab/Simulink [3].

Simulink permite simular el comportamiento de un panel solar bajo una variedad de condiciones de irradiación solar y temperatura, así como evaluar su rendimiento en términos de generación de potencia y eficiencia energética.

Además, se pueden incorporar bloques de Controlador PID para implementar estrategias de seguimiento del punto de máxima potencia, que permiten maximizar la eficiencia del panel. Con la configuración de sus parámetros y la implementación

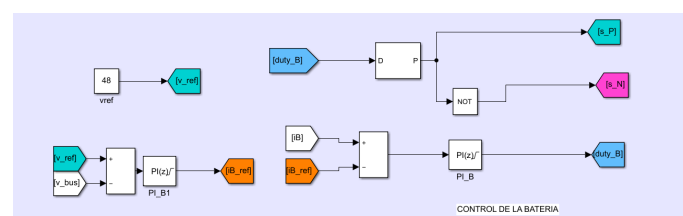
control específicos, estos controladores pueden diseñarse y ajustarse en Simulink. Esto permite simular y optimizar el rendimiento del sistema solar fotovoltaico bajo diferentes condiciones y cargas.



**Figura 3.11:** Simulación en SimuLink del Controlador [3].

En Simulink para modelar las características y el comportamiento de una batería en un sistema solar fotovoltaico utilizamos una variedad de bloques y técnicas de modelado. Se pueden usar bloques como "Modelo de batería" para representar una batería, que pueden especificar parámetros como su capacidad nominal, voltaje nominal, eficiencia de carga y descarga, entre otros. Estos bloques pueden imitar el comportamiento dinámico de una batería, como su carga y descarga en respuesta a la generación de energía solar y la demanda eléctrica del sistema.

Con esto nos permite modelar y simular el comportamiento de la batería en una variedad de condiciones, lo que permite evaluar su rendimiento y su capacidad para satisfacer las necesidades energéticas del sistema solar fotovoltaico.

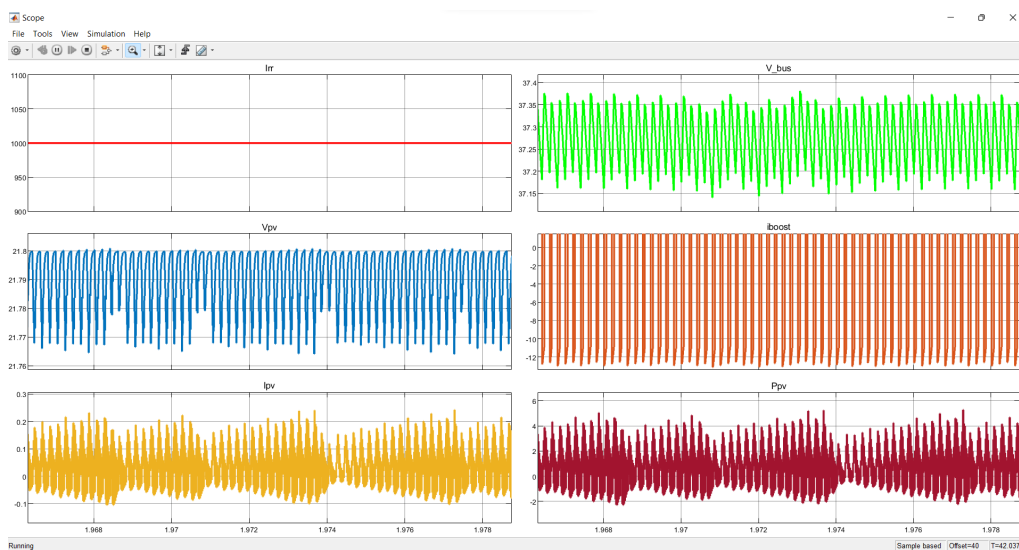


**Figura 3.12:** Simulación en SimuLink del Control de la Batería [3]

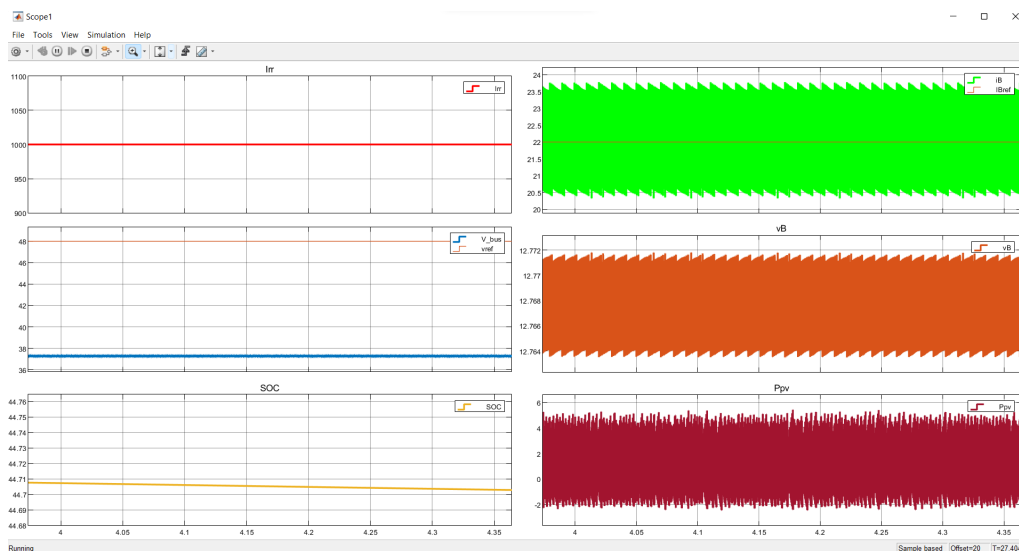
Se pueden generar gráficos mediante la simulación de todo el sistema fotovoltaico para visualizar su comportamiento utilizando bloques como Scope para observar señales de tiempo. XY Graph para representar relaciones entre variables como la

corriente y el voltaje del panel solar, Display para mostrar valores en tiempo real, y To Workspace para enviar datos y realizar análisis a MATLAB. Estas herramientas son cruciales para evaluar el rendimiento del sistema, como la potencia generada por el panel solar o la carga de la batería, lo que permite tomar decisiones informadas sobre su diseño y optimización.

En la figura 3.13 y 3.14, se puede evidenciar las gráficas respectivas de la irradiación, voltaje y corriente del panel solar fotovoltaico y batería respecto al tiempo.



**Figura 3.13:** Simulación de las gráficas del panel fotovoltaico [3]



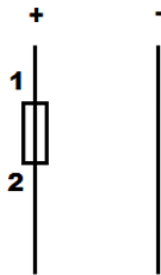
**Figura 3.14:** Simulación de las gráficas de la Batería [3]

### 3.5. Implementación del sistema de protección autosustentado por energía fotovoltaica

Una vez que se han establecido los valores nominales de los equipos de un sistema fotovoltaico aislado, se procede a calcular el sistemas de protección.

#### FUSIBLE

En el contexto de instalaciones de corriente continua, se deben conectar a la parte activa (+). Su propósito principal es garantizar la protección del cableado, el panel, el regulador, la batería y las cargas.



**Figura 3.15:** Disposición fusible en el sistema.

- Entre el regulador y el modulo, la corriente en cortocircuito debe ser:

$$I_{fusible} = I_{sc} \text{ del panel}$$

$$I_{sc} \text{ del panel} = \text{Datos de fábrica}$$

$$I_{fusible} = 6,97 \text{ A}$$

- Entre el regulador y la batería, se tomará en cuenta la corriente de campo fotovoltaico.

$$\text{Intensidad mínima del regulador: } 6,68 * 1,1 = 7,35 \text{ A}$$

- Por ultimo, entre las cargas y el regulador.

$$I_{fusible} = \frac{\text{Carga Instalada}}{\text{Voltaje Sistema}}$$

$$I_{fusible} = \frac{44 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 3,66 \text{ A}$$



TRAMO PANEL SOLAR-REGULADOR:

$$U = \%PP * V$$

$$U = 0,3 * 12 = 0,36V$$

Sección del conductor:

$$S = 2 * \frac{l * I}{k * U}$$

$$S = 2 * \frac{5 * 6,68}{56 * 0,36} = 3,31 \text{ mm}^2 \text{ (12 AWG)}$$

TRAMO BATERÍA-REGULADOR:

$$U = \%PP * V$$

$$U = 0,1 * 12 = 0,12V$$

Sección del conductor:

$$S = 2 * \frac{l * I}{k * U}$$

$$S = 2 * \frac{0,5 * 6,68}{56 * 0,12} = 0,99 \text{ mm}^2 \text{ (16 AWG)}$$

TRAMO CARGAS-REGULADOR:

$$U = \%PP * V$$

$$U = 0,3 * 12 = 0,36V$$

Sección del conductor:

$$S = 2 * \frac{l * I}{k * U}$$

$$S = 2 * \frac{6 * 6,68}{56 * 0,36} = 3,97 \text{ mm}^2 \text{ (12 AWG)}$$

Se utilizará un cable de calibre 12 AWG THW en los tres tramos que componen el circuito.

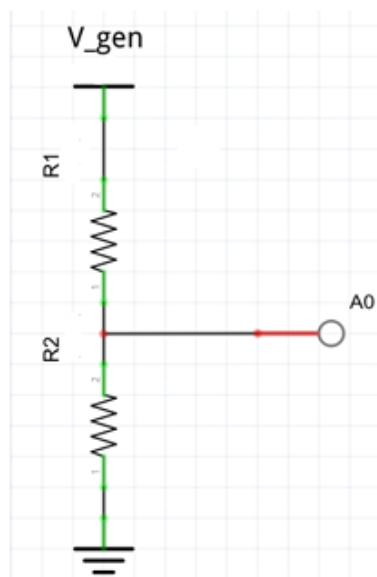
## CAPÍTULO 4

### PRUEBA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1. Evaluación del sistema

Se realizó la evaluación del sistema utilizando las mediciones registradas y recopiladas durante el mes de Junio que obtuvo menor eficiencia de generación del panel solar.

Los datos de generación y consumo se obtuvieron a través de una tarjeta de adquisición de datos Arduino UNO, la cual utiliza sus entradas analógicas para registrar los niveles de tensión y corriente del panel solar. Dado que las entradas analógicas del Arduino operan a +5 Vcc, se implementó un circuito divisor de tensión para adaptar la entrada del circuito generador al nivel de tensión adecuado.



**Figura 4.1:** Divisor de voltaje.

$$V_{AO} = V_{Gen} \frac{R_2}{R_1 R_2}$$

$$V_{AO} = 12 \frac{10K\Omega}{13K\Omega + 10K\Omega}$$

$$V_{AO} = 5,21V$$

## RESOLUCIÓN

$$Resolución = \frac{V_{ref}}{2^n - 1}$$

$$(n=8)$$

$$Resolución = \frac{5}{2^8 - 1}$$

$$Resolución = 0,019608V$$

La corriente será medida utilizando una resistencia de potencia capaz de manejar la corriente generada por el panel. Esta misma resistencia también generará una señal de tensión que será dirigida a la entrada analógica designada como A1. Al dividir esta señal por el valor de la resistencia del divisor, podremos obtener el valor de la corriente suministrada por el panel.

$$Resistencia_{potencia} = 1\Omega, 10W$$

$$I_{gen} = \frac{V_{ref}}{1\Omega}$$

$$|I_{gen}| = |V_{ref}|$$

A continuación se presentan los registros de tensión y corriente del 19 de enero de 2024, tal como se almacenan en el Arduino UNO.

Hora	V_Gen[V]	I_Gen[I]
0:00	0	0
1:00	0	0
2:00	0	0
3:00	0	0
4:00	0	0
5:00	0	0
6:00	4,05	0,2
7:00	10,14	0,40
8:00	11,21	0,47
9:00	11,50	1,12
10:00	11,88	1,78
11:00	11,90	2,15
12:00	12,75	3,00
13:00	13,78	3,45
14:00	14,00	1,90
15:00	13,10	1,45
16:00	12,80	0,91
17:00	12,20	0,37
18:00	12,40	0,15
19:00	0	0
20:00	0	0
21:00	0	0
22:00	0	0
23:00	0	0

**Tabla 4.1:** Valores almacenados en Arduino, voltajes y corrientes.

Una aproximación mensual de la producción del panel solar se calcula considerando las contribuciones de cada hora durante ese mes específico. Esta metodología proporciona una estimación del promedio de generación para el mes con la menor radiación solar.

## 4.2. Seguridad eléctrica en el sistema

El funcionamiento de un sistema fotovoltaico presenta situaciones que pueden poner a los operadores y consumidores en riesgo, así como a los equipos en riesgo.

En resumen, estas situaciones se pueden examinar mediante el uso de los conceptos y herramientas típicos de la ingeniería eléctrica. Sin embargo, la seguridad eléctrica requiere un análisis específico para la tecnología fotovoltaica.

En cuanto a la protección de los equipos en instalaciones de corriente continua, se requiere ciertos elementos:

- **Fusibles:** Se recomienda la inclusión de fusibles en cada conector activo como medida de protección contra cortocircuitos. Además, el portafusible sirve como dispositivo de desconexión para facilitar el mantenimiento.

Para prevenir cortocircuitos debido a pérdidas de aislamiento en los cables, se aconseja la conducción separada del positivo y del negativo. En instalaciones fotovoltaicas, se suele utilizar la relación  $I_n$  mayor o igual a  $1,25 I_{sc}$  para evitar interrupciones innecesarias, donde  $I_{sc}$  representa la corriente de cortocircuito de la rama asociada al fusible en cuestión.

- **Puesta a tierra :**

La puesta a tierra de un sistema fotovoltaico es un paso importante para garantizar que el sistema eléctrico sea seguro y funcione correctamente.

En el presente proyecto se realizó un estudio para poder conectar la puesta a tierra en la marquesina de la parada de bus, al no presenciar una carga muy elevada se procedió a realizar un estudio con un telurómetro para comprobar que el área en donde se realizó el sistema fotovoltaico sea el indicado para poder aterrizar la puesta de tierra y así proteger el controlador, las cargas y el Panel Solar.

Esto crea un camino de baja resistencia para que la corriente fluya hacia la tierra en caso de cortocircuitos u otras fallas eléctricas, evitando daños en equipos y reduciendo el riesgo. La conexión se realiza utilizando cables y conectores adecuados de acuerdo con las normas locales y las especificaciones del fabricante.

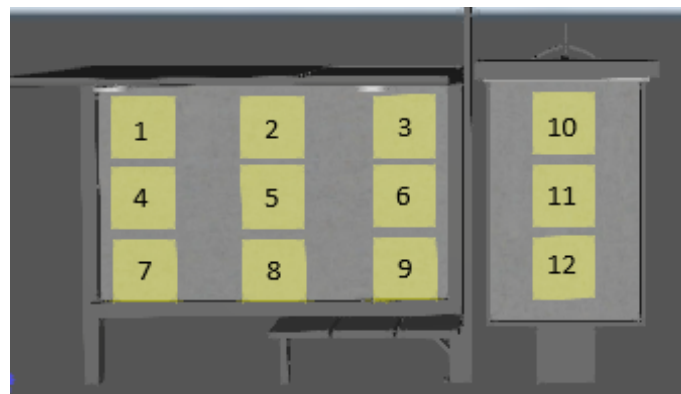
El estudio realizado con el telurómetro se puede observar en el anexo 28.

### 4.3. Resultados comparados entre mediciones reales y Dialux.

Es crucial evaluar los niveles y uniformidad de iluminación, la distribución de luz, el deslumbramiento, el color de la luz y la eficiencia energética al comparar los resultados entre mediciones reales y simulaciones en DIALux.

Por lo tanto, se identificó y se explicó cualquier diferencia significativa entre los datos medidos y los datos simulados, tomando en cuenta posibles errores de medición, inexactitudes en los datos de entrada y limitaciones del modelo de simulación.

Se realizará una comparación entre los datos medidos y los simulados en Dialux, se hará dos toma de mediciones, una con el sistema encendido pero con aporte externo de las luminarias cercanas y la otra toma con el sistema apagado.



**Figura 4.2:** Puntos de medición.

En la tabla 4.2 se puede observar los datos medidos con aporte externo, con el uso del luxómetro.

Y en la tabla 4.3 se puede observar los datos medidos con el sistema apagado, con el uso del luxómetro.

Se tomó en cuenta en ambas mediciones el punto de lectura, el cual es casi 1.20m a la altura del suelo.

Punto de Medición	Luxes
1	102
2	150
3	143
4	78
5	104
6	118
7	57
8	66
9	71
10	136
11	115
12	63
Punto lectura	82

**Tabla 4.2:** Datos de medición con aporte externo.

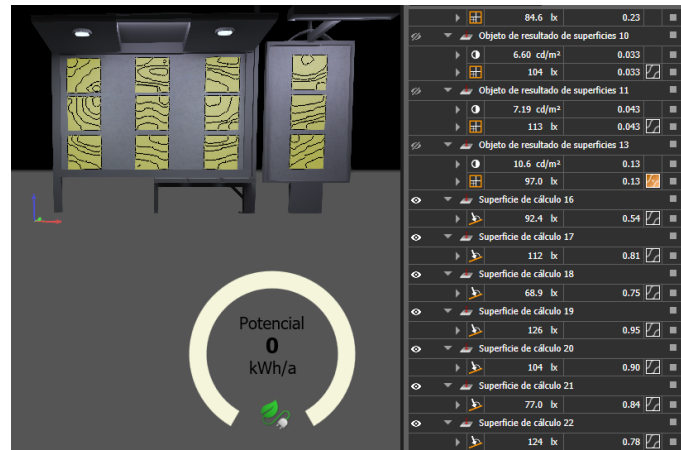
Punto de Medición	Luxes
1	12.7
2	6.5
3	7.5
4	15
5	10.2
6	17
7	15.9
8	15.2
9	18
10	10
11	16.5
12	16.4
Punto lectura	10

**Tabla 4.3:** Datos de medición con el sistema apagado.

Luego de realizar la comparación, se realizará una resta de los datos tomados con aporte externo menos los datos tomados cuando el sistema está apagado, en la tabla 4.4 se observarán los resultados de la comparación.

Punto de Medición	Luxes
1	89.3
2	143.5
3	135.5
4	63
5	93.2
6	101
7	41.1
8	50.8
9	53
10	126
11	98.5
12	46.6
Punto lectura	72

**Tabla 4.4:** Valores que se compararán con DIALUX.



**Figura 4.3:** Simulación de DIALUX con los valores de los puntos medidos.



---

Punto Simulación	Luxes
1	92.4
2	138
3	124
4	78
5	104
6	105
7	58.9
8	57
9	63
10	132
11	87.3
12	48.2
Punto lectura	77

**Tabla 4.5:** Valores de la simulación de DIALUX.

Los valores comparados con los valores de la simulación, son semejantes teniendo una variación del 5 % lo cual constata que la simulación es acorde con los datos reales tomados del proyecto.

#### 4.4. Periodo de recuperación de la inversión en sistemas fotovoltaicos autónomos.

Los costos relacionados con la planificación y la implementación del diseño del sistema se detallan a continuación con el fin de facilitar las proyecciones sobre la recuperación de la inversión. Para evaluar la eficacia, es fundamental comprender las pérdidas de energía presentes y sus costos asociados, considerando que el precio por kilovatio-hora es de 40 centavos de dólar (\$0.40) para la energía generada a través de medios fotovoltaicos (según CONELEC, 2020).

Durante el mes analizado, el panel solar registra los siguientes valores de generación y producción de energía en condiciones de radiación mínima:

Estimación de la producción	
Precio del KWh [\$]	0,40
Generación diaria: [Wh/día]	432
Generación diaria: [KWh/día]	0,43
Ingreso Diario [\$]	0,17
Ingreso Anual [\$]	62.80

**Tabla 4.6:** Estimación de la producción

A continuación se especifica el costo inicial de la inversión, junto con un gasto proyectado para operaciones y mantenimiento equivalente al 5% del valor inicial de la inversión.

Costo Total					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1	Panel Solar "POWEST" 120W/32c/Silicio Monocristalino	U	1	\$70,00	\$70,00
2	Controlador de Carga BlueSolar PWM "Victron Energy 12V/10A"	U	1	\$74,00	\$74,00
3	Batería "QP" AO-GFM50L 12V/50Ah	U	1	\$160,00	\$160,00
4	Luminaria Led Strip 10W/m	m	2	\$4,00	\$8,00
5	Luminaria Slim Panel Led Empotrable RD 12W	U	2	\$6,00	\$12,00
6	Cable Flexible Calibre 12AWG THW	m	50	\$0,50	\$25,00
7	Caja Eléctrica con Carcasa Metálica	U	1	\$15,00	\$15,00
8	Fusible 10A	U	3	\$3,00	\$9,00
9	Soporte Metálico Panel Solar	U	1	\$30,00	\$30,00
10	Accesorios Electricos			\$20,00	\$20,00
11	Diseño			/	/
12	Montaje			/	/
13	TOTAL (Incluye 12 % IVA)				\$423,00

**Tabla 4.7:** Descripción de costo total del diseño.

El costo del mantenimiento será anual y es el 5 % del costo total del diseño, en este caso será de \$15,70 anual.

Al aplicar el análisis del flujo de efectivo neto, se obtienen los resultados siguientes:

Año de operación	Ingresos Totales	Inversión para el proyecto		Flujo Neto de Efectivo
		Egresos totales	Costo fijo	
0	0		423,00	-423,00
1	62.8	21,15		-381,35
2	62.8	21,15		-339,70
3	62.8	21,15		-298,05
4	62.8	21,15		-256,40
5	62.8	21,15		-214,75
6	62.8	21,15		-173,10
7	62.8	21,15		-131,45
8	62.8	21,15		-89,80
9	62.8	21,15		-48,15
10	62.8	21,15		-6,50
11	62.8	21,15		35,15
12	62.8	21,15		76,80
13	62.8	21,15		118,45
14	62.8	21,15		160,10
15	62.8	21,15		201,75

**Tabla 4.8:** Análisis Flujo de Efectivo Neto.

Según se evidencia en el flujo de efectivo neto calculado, el proyecto del sistema fotovoltaico resulta viable, ya que la inversión inicial se amortiza a lo largo de los quince años de vida útil del panel. Se prevé un funcionamiento adecuado del panel siempre y cuando reciba el mantenimiento necesario. La recuperación de la inversión se sitúa en tan solo \$41.65 por año.

#### 4.5. Análisis costo/beneficio

La evaluación costo/beneficio es un instrumento fundamental en la toma de decisiones que permite estudiar la viabilidad de proyectos, valorando si resulta conveniente implementar el proyecto en términos financieros. Este análisis se realizará a lo largo de un período de 15 años, utilizando una tasa de descuento del 3%.

Datos	Valores
Numero de periodos	15
Tipo periodo	Anual
Tasa de descuento (i)	3%

**Tabla 4.9:** Datos Análisis Costo/Beneficio.

Detalle	Periodos Anuales							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Flujo neto de efectivo	-423,00	41.65	41.5	41.65	41.65	41.65	41.65	41.65
	8	9	10	11	12	13	14	15
	41.65	41.65	41.65	41.65	41.65	41.65	41.65	41.65

**Tabla 4.10:** Periodos Anuales.

Utilizando este dato, es posible calcular el Valor Actual Neto (VAN) para los datos del flujo neto de efectivo que abarca un periodo de 15 años, correspondientes a la vida útil estimada de un panel solar.

Año(n)	FNE	$(i+1)^n$	$FNE/(i+1)^n$
0	-423,00		-423,00
1	41.65	1,03	40.43
2	41.65	1,06	39.23
3	41.65	1,09	38.21
4	41.65	1,12	37.18
5	41.65	1,15	36.21
6	41.65	1,19	35.00
7	41.65	1,22	34.13
8	41.65	1,26	33.05
9	41.65	1,30	32.03
10	41.65	1,34	31.08
11	41.65	1,38	30.18
12	41.65	1,42	29.33
13	41.65	1,46	28.52
14	41.65	1,51	27.58
15	41.65	1,55	26.87
Total			76.03

**Tabla 4.11:** Análisis Valor Actual Neto (VAN).

Aplicando en Excel la formula para el TIR nos da como resultado TIR=14 %.

El Valor Actual Neto (VAN) permite calcular el valor actualizado de los flujos de efectivo futuros generados por una inversión. En términos de toma de decisiones:

- Si el VAN es mayor que cero, significa que la inversión genera ganancias superiores al rendimiento requerido, por lo tanto, el proyecto se considera viable.
- Si el VAN es menor que cero, indica que la inversión no genera ganancias suficientes para cumplir con el rendimiento requerido, por lo tanto, el proyecto no se acepta.
- Si el VAN es igual a cero, implica que la inversión no produce ganancias ni pérdidas, y la decisión de aceptar o rechazar el proyecto dependerá del evaluador.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) representa el rendimiento esperado promedio de la inversión en el futuro y refleja el costo de oportunidad del proyecto. Las condiciones para la toma de decisiones son:

- Si la TIR es mayor que la tasa de rendimiento requerida ( $r$ ), significa que el proyecto tiene un rendimiento mayor al mínimo requerido y, por lo tanto, se acepta.
- Si la TIR es menor que la tasa de rendimiento requerida ( $r$ ), el proyecto no cumple con el rendimiento mínimo exigido y no se acepta.
- La Razón Beneficio/Costo (R B/C) marca el punto de equilibrio en el cual la empresa comienza a generar ganancias.

En conclusión, si al Valor Actual Neto no le aplicamos tasa de descuento (3%) se obtendrá a lo largo de quince años de vida útil del panel una ganancia de \$436,00 y se recuperará la inversión en el séptimo año, mientras que si se aplica la tasa de descuento el VAN será mayor que cero e indica que la inversión genera ganancias suficientes para cumplir con el rendimiento requerido.

## 4.6. Conclusiones y Recomendaciones

Para empezar, se evaluó la calidad de la iluminación para crear un prototipo que pudiera funcionar en varias estaciones de la ciudad. Se eligieron luminarias, batería, panel solar y regulador de alto rendimiento lumínico después de investigar su disponibilidad en el mercado y los catálogos de los fabricantes.

Las bases de aluminio se fabricaron debido al espacio físico limitado para ubicar las regletas. Se instalaron sin dañar la estructura de la marquesina, lo que permitió una mejor distribución del flujo luminoso con un bajo impacto visual.

La mejora en la iluminación ha prolongado el tiempo de permanencia bajo la marquesina, lo que ha hecho que el ambiente sea más cómodo para los estudiantes y el público en general, mejorando la seguridad y ha facilitado la lectura de información en las vallas informativas.

La elección de utilizar un panel solar como fuente de energía se basó en un análisis minucioso de los datos meteorológicos locales. Esto permitió estimar la radiación

solar disponible durante todo el año, lo que garantizó una generación de energía eficiente.

Se realizaron pruebas con varias configuraciones de paneles fotovoltaicos para adaptarse al clima local y maximizar la generación de energía.

A pesar de que el proyecto proporcionó una solución de iluminación autosustentable, hubo limitaciones en términos de espacio físico, costos de tecnología LED y la inversión inicial necesaria para sistemas fotovoltaicos, lo que podría tener un impacto en la viabilidad económica a largo plazo.

## RECOMENDACIONES

Según nuestra experiencia, antes de instalar los paneles, es importante verificar que funcionen correctamente para asegurarse de que el voltaje y la intensidad corresponden a las especificaciones del fabricante. Esto se hace antes de la instalación para identificar posibles fallas.

Se recomiendan inspecciones visuales semestrales y limpiezas mensuales según sea necesario para el mantenimiento. La inclinación de los paneles hace que la lluvia se limpie por sí sola.

Se recomienda equipar sistemas de seguridad, como cámaras y terminales de intrusión, para futuros usos para prevenir la pérdida o el vandalismo de equipos y para garantizar la seguridad de los usuarios. Antes de la implementación, se debe determinar la carga adicional para determinar si el equipo necesita rediseñarse.

Antes de instalar cualquier componente, se debe considerar la seguridad y la funcionalidad del sistema fotovoltaico. Como resultado, se recomienda que la parte metálica de la estructura de la parada de autobuses tenga un área específica para alojar los componentes del sistema fotovoltaico, como la batería o el controlador. Este espacio adicional no solo protege los componentes, sino que también facilita su mantenimiento y los protege contra el vandalismo.

Es esencial realizar un análisis completo de la radiación solar disponible en la parada de autobuses. Este análisis ayudará a determinar la viabilidad y la eficiencia del sistema fotovoltaico, asegurando un rendimiento óptimo a lo largo del tiempo.

Se debe realizar un examen exhaustivo del uso previsto de la parada de autobuses. Esto incluye tener en cuenta los horarios de mayor actividad, la frecuencia de tránsito de pasajeros y cualquier otro factor que pueda afectar el diseño y funcionamiento del sistema fotovoltaico.

La ubicación de la parada de autobuses es un factor crítico en la seguridad del sistema fotovoltaico. Se recomienda tomar precauciones adicionales en áreas aisladas o propensas a actos de vandalismo. Esto puede incluir la instalación de sistemas de seguridad adicionales, como cámaras de vigilancia o iluminación adicional, para prevenir posibles actos de vandalismo y asegurar la integridad del sistema fotovoltaico a largo plazo.

Por último, pero no menos importante, se aconseja utilizar sistemas fotovoltaicos aislados donde la presencia de redes eléctricas no sea posible. A pesar de que el sistema cumple con los objetivos lumínicos, no es económicamente rentable, por lo que no se recomienda su uso en áreas urbanas donde no se pueda lograr un retorno de la inversión inicial.



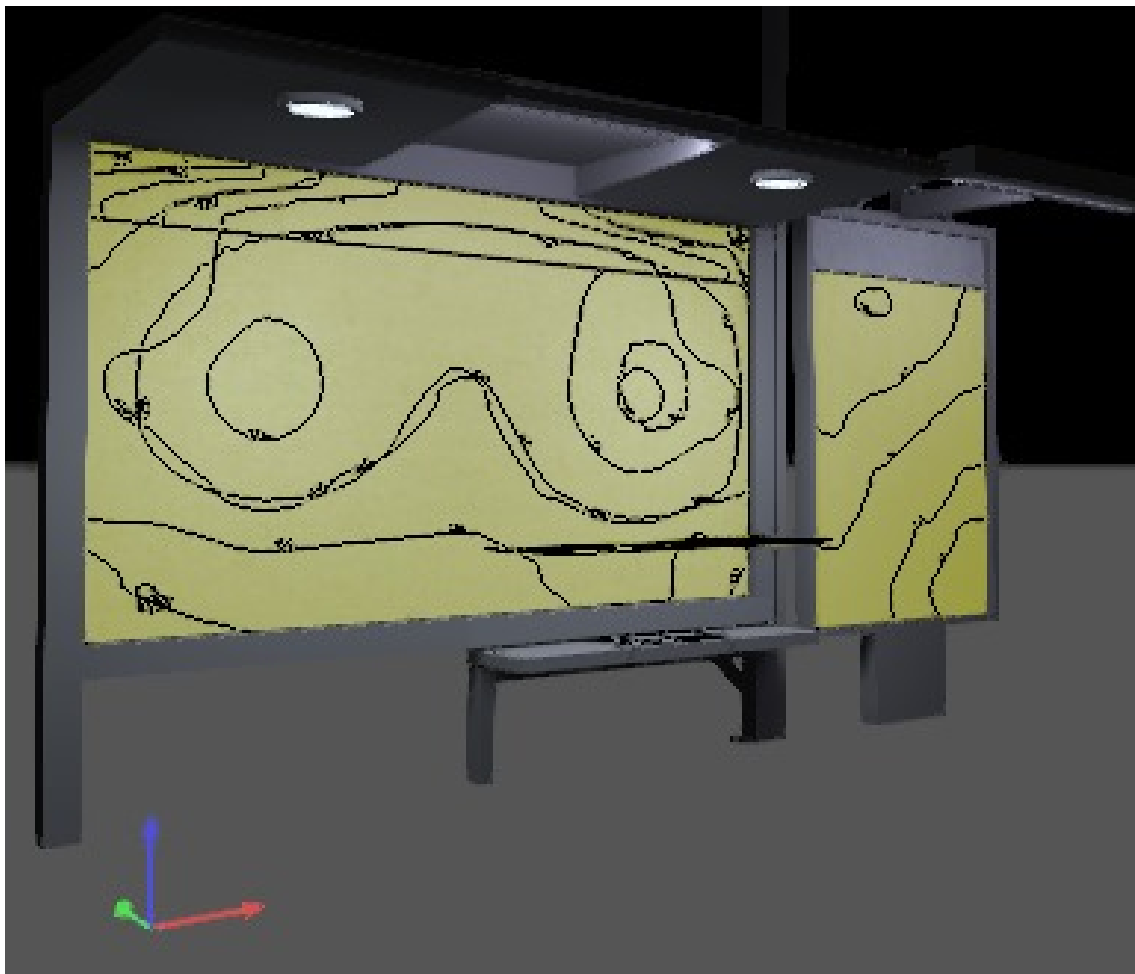
# ANEXOS



**Figura 4:** Medición de valla publicitaria para su siguiente levantamiento en programa.



**Figura 5:** Medición de parada de bus para su siguiente levantamiento en programa



**Figura 6:** Resultados de simulacion de parada de bus en DIALUX.





**Figura 7:** Panel Solar fotovoltaico (Monocristalino).



**Figura 8:** Controlador 12V/24V/20A



**Figura 9:** Batería 12V50AH





**Figura 10:** Soporte para panel solar





**Figura 11:** Colocación de pernos en la parte superior de la parada de bus para la implementación del alucubond y luminarias



**Figura 12:** Abertura de agujeros en la parte superior de la parada de bus para el traspaso del cableado para las luminarias



**Figura 13:** Colocación de pernos en la parte de la tubería para poder colocar el panel fotovoltaico





**Figura 14:** Instalación de pernos en la parte externa del panel fotovoltaico



**Figura 15:** Montaje de estructura para el panel solar



**Figura 16:** Colocación del panel solar con su estructura con una inclinación de 30 grados





**Figura 17:** Instalación de cableado de panel solar



**Figura 18:** Instalación de cableado en la parte superior de la parada con las conexiones de carga





**Figura 19:** Colocación de alucubond.



**Figura 20:** Instalación de alucubond y luminarias.





**Figura 21:** Desmontamiento de valla publicitaria para instalacion de luminarias



**Figura 22:** Instalación de cableado a la valla publicitaria.





**Figura 23:** Encendido de Luminarias.





**Figura 24:** Telumetro para calculos de puesta a tierra.





**Figura 25:** Instalación de Picas para puesta a tierra.





**Figura 26:** Configuración del teluometro en Paralelo.



**Figura 27:** Teluometro instalado en paralelo.





Figura 28: Resultado de Teluometro en Paralelo.



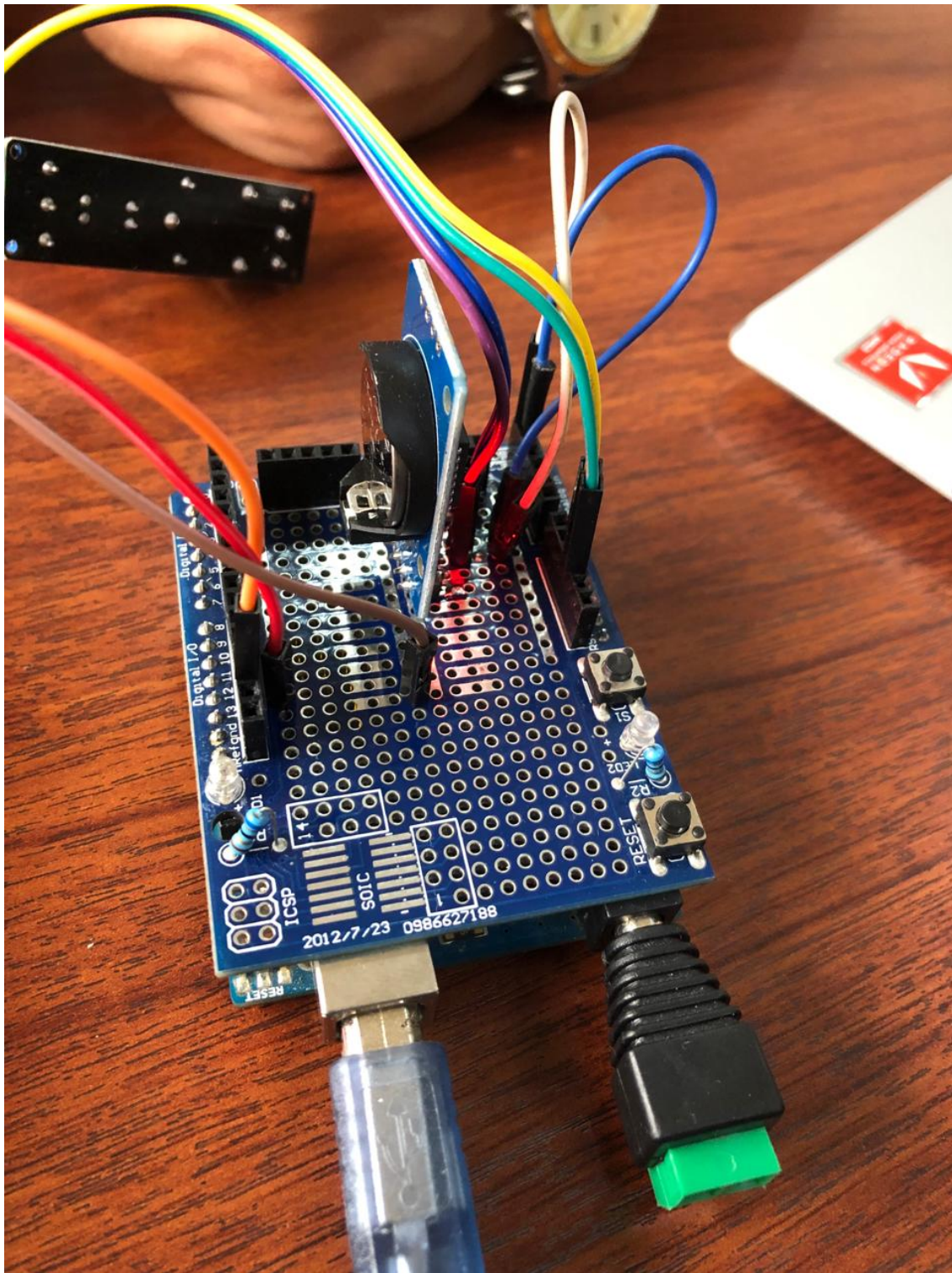


**Figura 29:** Instalación de Teluometro en serie.





Figura 30: Resultado de telumetro en serie.



**Figura 31:** Elaboracion del timer .





**Figura 32:** Configuración del Timer.



**Figura 33:** Ajuste y colocación del timer en la caja del circuito.





**Figura 34:** Instalación de tuberías en la parte trasera de la parada de bus.

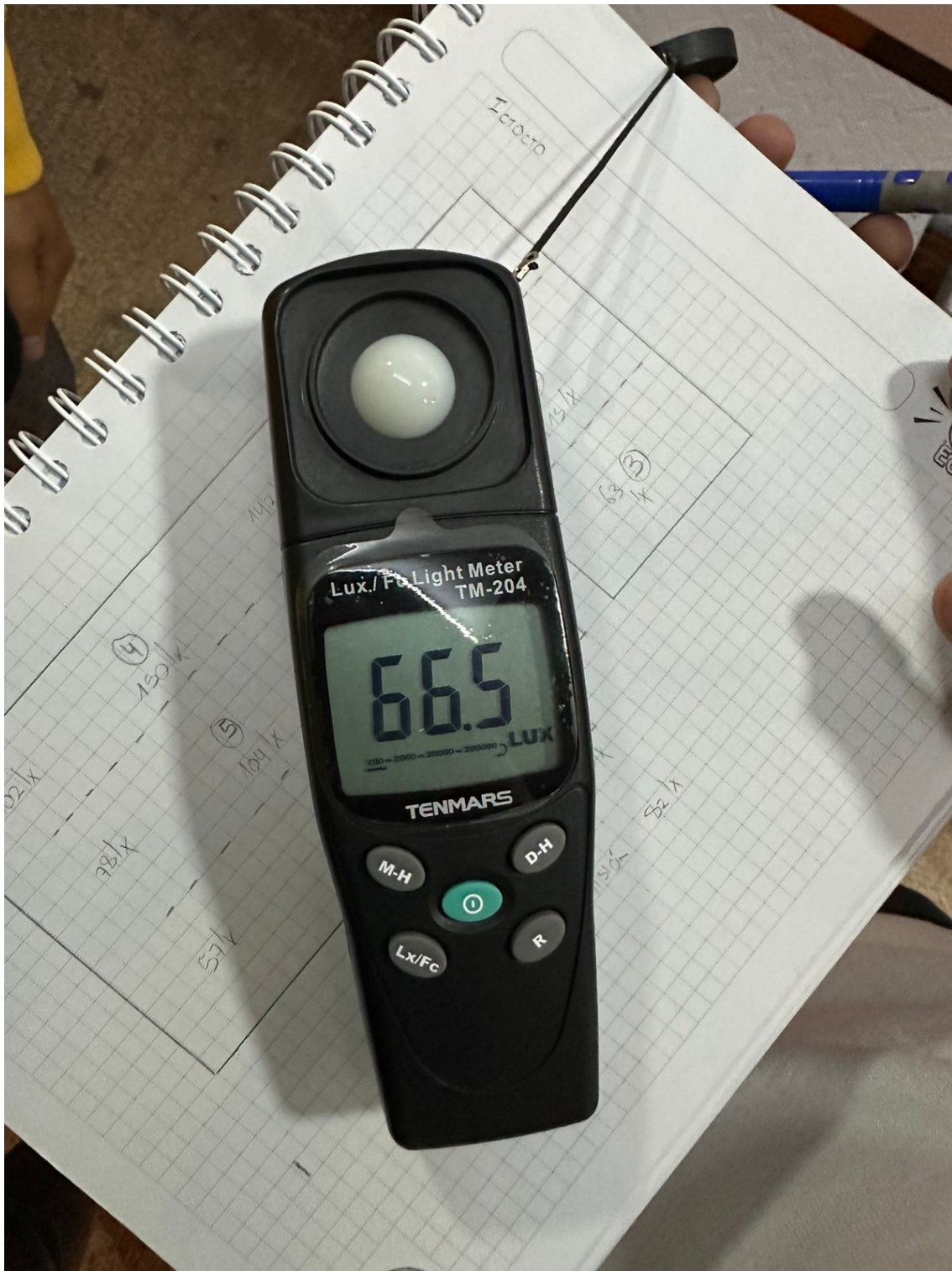


**Figura 35:** Tablero eléctrico fotovoltaico.



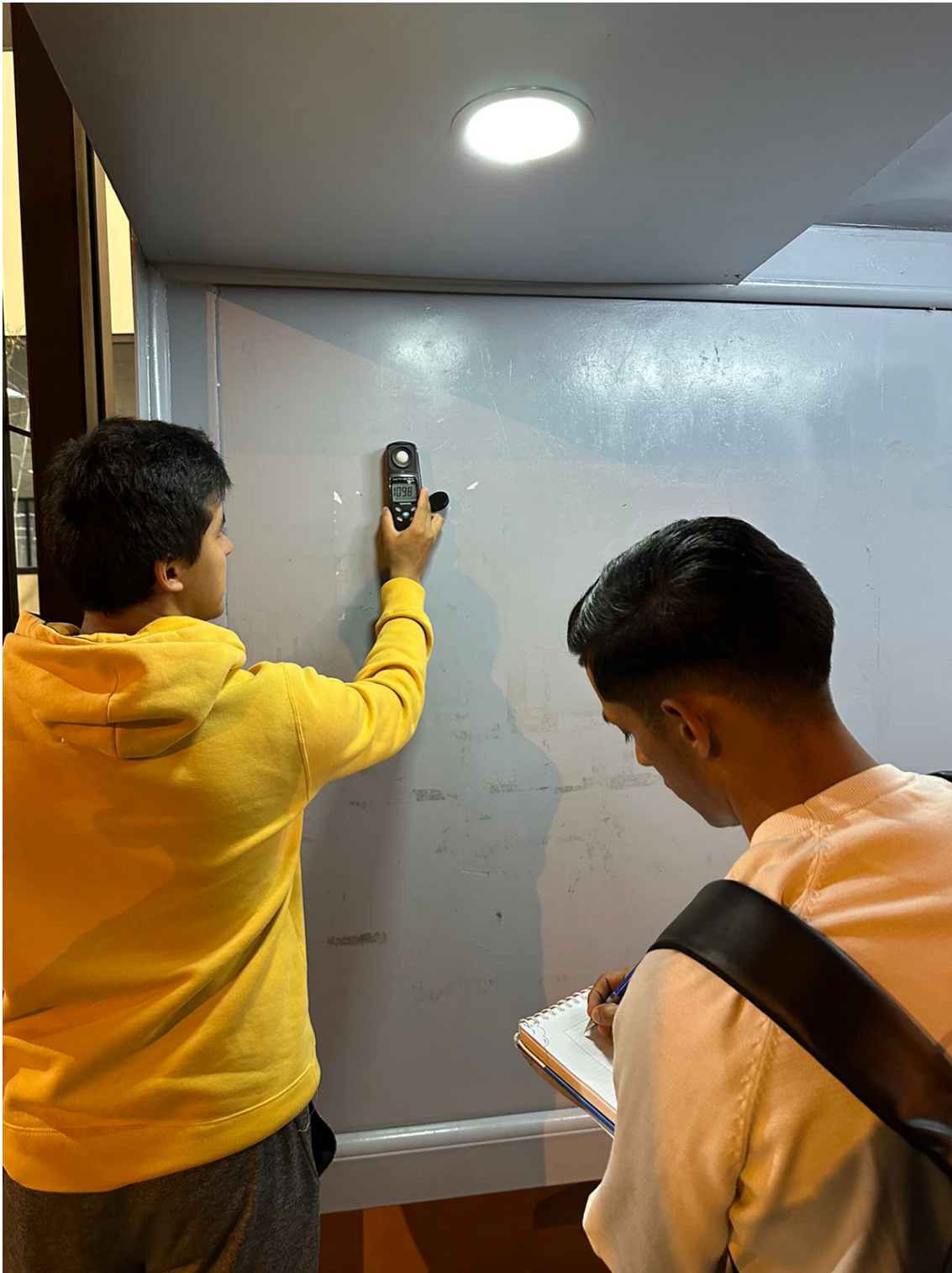


**Figura 36:** Tablero implementado en la cerca de la universidad.



**Figura 37:** Luxometro.





**Figura 38:** Medición de para con Luxometro.



**Figura 39:** Parada de bus con circuito de iluminación completa



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. A. Aguilar Ramón y W. S. Illescas Barreto, “Análisis técnico y económico para la implementación de sistemas de generación solar fotovoltaica para autoabastecimiento en la planta industrial y granja porcícola de la Empresa Italimentos CIA. LTDA,” bachelorThesis, Universidad de Cuenca, Apr. 2021.
- [2] V. Energy, “Victron energy,” *línea*. Available: <https://www.victronenergy.com.es/>. [Último acceso: 22 03 2021], 2020.
- [3] Á. M. Inguil Lema y H. S. Ortega Espinoza, “Análisis, modelado y validación de un sistema fotovoltaico para el alumbrado vial de la avenida de las américas,” B.S. thesis, 2014.
- [4] C. R. Alvarado Guanín, “Diseño y construcción de un sistema de iluminación autosustentable fotovoltaico para una parada de buses y su valla informativa del sistema integrado de transporte de cuenca,” B.S. thesis, 2015.
- [5] A. Ospino Castro, C. Robles Algarín, y A. Duran Pabón, “Modelado y simulación de un panel fotovoltaico empleando técnicas de inteligencia artificial,” *Ingeniería Energética*, vol. 35, no. 3, pp. 225–233, 2014.
- [6] J. P. Muñoz-Vizhñay, M. V. Rojas-Moncayo, y C. R. Barreto-Calle, “Incentivo a la generación distribuida en el ecuador,” *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, no. 19, pp. 60–68, 2018.
- [7] F. de Ingeniería Eléctrica, “Sede Cuenca se beneficia de la planta de energía solar fotovoltaica,” Artículo Investigativo, Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Cuenca, Ecuador, May 2020.
- [8] C. R. Alvarado Guanín, “Diseño y construcción de un sistema de iluminación autosustentable fotovoltaico,” bachelorThesis, Universidad Politecnica Salesiana sede Cuenca, Cuenca, Ecuador, Dec. 2015, accepted: 2016-01-22T14:06:38Z.

- [9] S. Sánchez Guevara y J. Franco Gil, “Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a red con soporte de almacenamiento en la Universidad Tecnológica de Pereira,” Científico, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia, 2016, publisher: Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira.
- [10] M. D. Zhunio Sarmiento y J. C. Lino Jaime, “Elaboración de un prototipo portátil para la medición y registro automático de parámetros meteorológicos, usando un sistema integral entre el arduino y los sensores meteorológicos.” Ph.D. dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, 2021.
- [11] L. Cocha Díaz, “Diseño de sistema de calentamiento de agua termo solar de 7 litros/min para optimizar la producción de semilla de alevines de tilapia del módulo piscícola la balsa san ignacio 2019,” 2020.
- [12] M. R. Gámez, A. V. Pérez, M. Wilber, y J. R. Guardarrama, “El potencial solar y la generación distribuida en la provincia de manabí en el ecuador,” *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721*, vol. 2, no. 2, pp. 41–45, 2017.
- [13] R. Bachiller, “El sol: nuestra estrella, nuestra energía,” *Observatorio Astronómico Nacional. Instituto Geográfico Nacional-Ministerio de Fomento*, pp. 381–382, 2009.
- [14] C. A. Guzmán Niño, “Análisis del impacto ambiental de diferentes tipos de paneles solares según los materiales utilizados y los componentes tóxicos generados,” B.S. thesis, Fundación Universidad de América, 2017.
- [15] V. Blanca Giménez, N. Castilla Cabanes, A. Martínez Antón, y R. M. Pastor Villa, “Luminotecnia: Magnitudes fotométricas básicas. unidades de medida,” 2011.
- [16] J. Aguilera, L. Hontoria, y F. J. Muñoz, “Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos,” *Grupo Idea, Departamento de electrónica, Escuela politécnica superior, Universidad de Jaén*, 2011.