



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEGUIDOR  
FOTOVOLTAICO SEGÚN EL NIVEL DE RADIACIÓN PARA EL  
EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA CARRERA  
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES:**

**BRAYAN RAÚL ALVARADO COELLO**

**DARWIN DANILO HUARACA CANDO**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEGUIDOR  
FOTOVOLTAICO SEGÚN EL NIVEL DE RADIACIÓN PARA EL  
EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA CARRERA  
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES:** BRAYAN RAÚL ALVARADO COELLO

DARWIN DANILO HUARACA CANDO

**DIRECTOR:** ING. PABLO ERNESTO MONTALVO JARAMILLO

Riobamba-Ecuador

2023

© 2023, **Brayan Raúl Alvarado Coello y Darwin Danilo Huaraca Cando**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Brayan Raúl Alvarado Coello y Darwin Danilo Huaraca Cando, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de agosto del 2023



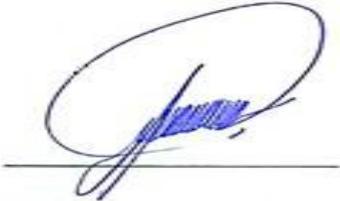
**Brayan Raúl Alvarado Coello**  
**060512703-4**



**Darwin Danilo Huaraca Cando**  
**060514483-1**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico; **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEGUIDOR FOTOVOLTAICO SEGÚN EL NIVEL DE RADIACIÓN PARA EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA CARRERA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**, realizado por los señores: **BRAYAN RAÚL ALVARADO COELLO Y DARWIN DANILO HUARACA CANDO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Antonio Ordoñez Viñan <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-08-16
Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-08-16
Ing. Edwin Ángel Jácome Domínguez <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-08-16

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, a mis padres Raúl Alvarado y Narcisa Coello quienes con su amor y esfuerzo me apoyaron en todos los ámbitos durante el transcurso de mi formación profesional, gracias por confiar en su hijo, es un orgullo y privilegio tener unos padres como ustedes que día a día luchan por ayudarnos a cumplir nuestras metas, a mi novia Jennifer Gagñay quien estuvo presente en cada paso que di apoyándome incondicionalmente, a mis hermanos

**Brayan Alvarado**

Dios envía muchos ángeles a la tierra con el don de la vida, pero entre ellos bendijo a un ángel con un espíritu inquebrantable de un guerrero que no conoce las palabras pobreza ni rendición, por eso dedico este humilde trabajo, fruto de mi constancia y esfuerzo a la mujer que siendo madre tuvo que ser también padre, la lumbrera, inspiración, un ejemplo en el sendero de mi vida, querida mamita Manuela Cando este logro en mi vida es para usted, de igual manera a mis hermanos/as por confiar en mí y permitirme demostrar que las metas con mucho sacrificio y perseverancia si se pueden hacer realidad.

**Danilo Huaraca**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, a mis padres Raúl Alvarado y Narcisa Coello quienes con su amor y esfuerzo me apoyaron en todos los ámbitos durante el transcurso de mi formación profesional, gracias por confiar en su hijo, es un orgullo y privilegio tener unos padres como ustedes que día a día luchan por ayudarnos a cumplir nuestras metas, a mi novia Jennifer Gagñay quien estuvo presente en cada paso que di apoyándome incondicionalmente, a mis hermanos

**Brayan**

Agradezco a DIOS por bendecirme con la hermosa vida y familia que poseo, además dar gracias a mi padre por haberme inculcado el mejor consejo que aun guardo en mi corazón y sé que desde el cielo estará feliz por este logro, además a todo el personal administrativo y docente de la CARRERA DE INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL que han cumplido su labor de inculcar, compartir y guiar mi camino universitario hasta cumplir mi objetivo.

Gracias a cada uno de ustedes y que DIOS donde estén los colme de bendiciones.

**Danilo**

## INDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación del proyecto .....	3
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....</b>	<b>5</b>
2.1. Energías renovables .....	5
2.2. Energía solar .....	5
2.2.1. <i>Energía solar térmica</i> .....	6
2.2.2. <i>Energía solar fotovoltaica</i> .....	6
2.3. Radiación solar .....	6
2.3.1. <i>Espectro solar</i> .....	6
2.3.2. <i>Tipos de radiación solar</i> .....	6
2.3.2.1. <i>Radiación solar directa</i> .....	6
2.3.2.2. <i>Radiación solar difusa (radiación indirecta)</i> .....	7
2.3.2.3. <i>Radiación solar reflejada (radiación de Albedo)</i> .....	7
2.3.2.4. <i>Radiación solar global</i> .....	7
2.4. Movimiento solar.....	8
2.5. Mapa solar del Ecuador (Riobamba) .....	9
2.5.1. <i>Perfiles horarios promedio mensuales 2021</i> .....	10

<b>2.6.</b>	<b>Seguidores solares .....</b>	<b>12</b>
<b>2.6.1.</b>	<b>Tipos de seguidores solares .....</b>	<b>12</b>
2.6.1.1.	<i>Seguidor solar de un eje.....</i>	12
2.6.1.2.	<i>Seguidor solar de dos ejes.....</i>	13
<b>2.7.</b>	<b>Sistema seguidor fotovoltaico .....</b>	<b>13</b>
<b>2.7.1.</b>	<b>Paneles solares fotovoltaicos.....</b>	<b>14</b>
2.7.1.1.	<i>Tipos de paneles fotovoltaicos .....</i>	15
<b>2.8.</b>	<b>Controlador de carga.....</b>	<b>16</b>
<b>2.9.</b>	<b>Baterías.....</b>	<b>17</b>
<b>2.10.</b>	<b>Inversores.....</b>	<b>17</b>
<b>2.11.</b>	<b>Placas de circuito electrónico. ....</b>	<b>18</b>
2.11.1.	<i>Baquelita.....</i>	18
<b>2.12.</b>	<b>Software LabVIEW.....</b>	<b>19</b>
2.12.1.	<i>Programación gráfica para pruebas y medidas.....</i>	19
2.12.2.	<i>Ventajas de estandarizar en LabVIEW.....</i>	19

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1.</b>	<b>Ubicación del edificio administrativo de la Carrera de Mantenimiento Industrial</b>	<b>20</b>
<b>3.2.</b>	<b>Compartimientos y equipos.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.</b>	<b>Cálculo de la demanda .....</b>	<b>21</b>
3.3.1.	<i>Potencia de los equipos .....</i>	21
3.3.2.	<i>Potencia instalada .....</i>	22
3.3.3.	<i>Consumo energético de los equipos .....</i>	23
<b>3.4.</b>	<b>Determinación de energía real consumida.....</b>	<b>24</b>
3.4.1.	<i>Resultados de las mediciones de consumo.....</i>	27
3.4.2.	<i>Cálculo de energía total necesaria para satisfacer la demanda.....</i>	28
3.4.3.	<i>Irradiación mensual en el edificio de la Carrera Mantenimiento Industrial.....</i>	28
3.4.4.	<i>Cálculo de la irradiación solar disponible.....</i>	30
3.4.5.	<i>Cálculo de horas Sol pico (HSP) .....</i>	30
<b>3.5.</b>	<b>Cálculo de paneles solares necesarios para satisfacer la demanda .....</b>	<b>30</b>
<b>3.6.</b>	<b>Dimensionamiento de batería.....</b>	<b>31</b>
<b>3.7.</b>	<b>Selección de controlador de carga e inversor CC –CA. ....</b>	<b>31</b>
<b>3.8.</b>	<b>Análisis del material a utilizarse en la construcción del soporte.....</b>	<b>32</b>
<b>3.9.</b>	<b>Construcción del seguidor solar .....</b>	<b>34</b>
3.9.1.	<i>Modelado del diseño.....</i>	34

<b>3.9.2. Sistema de sombras .....</b>	<b>35</b>
<b>3.9.3. Despiece de la estructura.....</b>	<b>35</b>
<b>3.9.4. Proceso de construcción.....</b>	<b>36</b>
3.9.4.1. Construcción de la base para el panel solar.....	36
3.9.4.2. Construcción de los triángulos de soporte.....	36
3.9.4.3. Construcción de la base de soporte principal.....	37
3.9.4.4. Construcción del eje vertical.....	37
3.9.4.5. Construcción del eje horizontal .....	38
3.9.4.6. Soporte para los motores .....	39
3.9.4.7. Sistema de sombras .....	39
3.9.4.8. Contrapesos.....	40
<b>3.10. Sistema mecánico de transmisión de movimiento. ....</b>	<b>41</b>
<b>3.10.1. Motores .....</b>	<b>41</b>
<b>3.10.2. Sistema de movimiento superior. ....</b>	<b>41</b>
<b>3.10.3. Sistema de movimiento inferior. ....</b>	<b>42</b>
<b>3.10.4. Buje -prisionero.....</b>	<b>43</b>
<b>3.10.5. Ensamblado .....</b>	<b>44</b>
<b>3.11. Sistema de control electrónico.....</b>	<b>45</b>
<b>3.11.1. Componentes de generación fotovoltaica.....</b>	<b>45</b>
3.11.1.1.Panel solar monocristalino.....	45
3.11.1.2. Inversor.....	46
<b>3.11.2. Componentes de control.....</b>	<b>46</b>
3.11.2.1.Sistema NI myRIO.....	46
3.11.2.2.Fotorresistencias.....	47
3.11.2.3.Sensor de intensidad de luz.....	48
<b>3.11.3. Placa electrónica .....</b>	<b>48</b>
<b>3.11.4. Componentes de potencia y alimentación .....</b>	<b>49</b>
3.11.4.1. Controladores para motor paso a paso HY-DIV268N-5A.....	49
3.11.4.2.Fuente conmutada 24VDC 5A S-120-24.....	50
<b>3.12. Diagramas instalación eléctrica y electrónica.....</b>	<b>50</b>
<b>3.12.1. Circuito de potencia.....</b>	<b>50</b>
<b>3.12.2. Circuito de control.....</b>	<b>52</b>
3.12.2.1.Acondicionamiento de señales.....	53
<b>3.13. Programa de control .....</b>	<b>55</b>
<b>3.13.1. Adquisición de señales de las fotorresistencias .....</b>	<b>56</b>
<b>3.13.2. Generación de pulsos y giro de los motores.....</b>	<b>58</b>
<b>3.13.3. Configuración de la myRIO para adquirir la intensidad de luz.....</b>	<b>60</b>

3.13.4. <i>Determinación del rango de horas de funcionamiento</i> .....	63
3.13.5. <i>Paro del sistema completo y reinicio</i> .....	63

## CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS .....	65
4.1. Funcionamiento del seguidor fotovoltaico .....	65
4.2. Datos de luminosidad obtenidos.....	66
4.3. Análisis estadístico de luminosidad solar .....	67
4.3.1. <i>Interpretación de las muestras del día soleado</i> .....	67
4.3.2. <i>Normalización de muestra con respecto al día soleado</i> .....	69
4.3.3. <i>Comparación de muestras provenientes al día soleado</i> .....	71
4.3.4. <i>Interpretación de las muestras del día nublado</i> .....	71
4.3.5. <i>Normalización de muestra con respecto al día nublado</i> .....	73
4.3.6. <i>Comparación de muestras provenientes al día nublado</i> .....	75
4.4. Energía eléctrica generada .....	75
4.5. Demanda de energía eléctrica .....	77
4.6. Comparación oferta y demanda.....	77

## CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
5.1 Conclusiones.....	79
5.2 Recomendaciones.....	81

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b>	Valores diarios de tipos de radiación presentes en la ciudad de Riobamba .....	10
<b>Tabla 2-2:</b>	Horarios promedio mensuales de la ciudad de Riobamba y sus valores pico .....	11
<b>Tabla 3-1:</b>	Áreas abastecidas y el número de equipos existentes .....	21
<b>Tabla 3-2:</b>	Potencia de consumo de los equipos eléctricos.....	22
<b>Tabla 3-3:</b>	Potencia total instalada.....	23
<b>Tabla 3-4:</b>	Energía total consumida al día .....	24
<b>Tabla 3-5:</b>	Mediciones obtenidas del tablero de potencia con el módulo PM800 .....	26
<b>Tabla 3-6:</b>	Datos finales del consumo de energía.....	27
<b>Tabla 3-7:</b>	Datos de potencia total estimada.....	32
<b>Tabla 3-8:</b>	Tabla resumen de propiedades del Hierro.....	33
<b>Tabla 3-9:</b>	Características del panel solar.....	45
<b>Tabla 3-10:</b>	Características del inversor .....	46
<b>Tabla 3-11:</b>	Características del sensor de intensidad de luz12c Bh1750.....	48
<b>Tabla 3-12:</b>	Características controlador HY-DIV268N-5A.....	49
<b>Tabla 3-13:</b>	Fuente conmutada 24 VDC .....	50
<b>Tabla 3-14:</b>	Par de hilos según el color de los motores paso a paso .....	51
<b>Tabla 3-15:</b>	Configuración de los controladores.....	51
<b>Tabla 3-16:</b>	Valores de las fotorresistencias obtenidas.....	53
<b>Tabla 3-17:</b>	Configuración canales de salida.....	59
<b>Tabla 4-1:</b>	Valores de luminosidad obtenida por el seguidor fotovoltaico.....	66
<b>Tabla 4-2:</b>	Valores de potencia esperada y potencia obtenida.....	76
<b>Tabla 4-3:</b>	Datos del consumo de energía.....	77

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b>	Espectro electromagnético .....	7
<b>Ilustración 2-2:</b>	Tipos de radiación solar .....	8
<b>Ilustración 2-3:</b>	Orbita de la tierra alrededor del sol .....	9
<b>Ilustración 2-4:</b>	Mapa solar del ecuador .....	9
<b>Ilustración 2-5:</b>	Mapa solar de la ciudad de riobamba .....	10
<b>Ilustración 2-6:</b>	Seguidor solar de un solo eje.....	12
<b>Ilustración 2-7:</b>	Seguidor solar de dos ejes .....	13
<b>Ilustración 2-8:</b>	Componentes de un sistema seguidor solar.....	14
<b>Ilustración 2-9:</b>	Celda, modulo y generador de un sistema fotovoltaico.....	14
<b>Ilustración 2-10:</b>	Curva de intensidad vs tensión de un panel fotovoltaico .....	15
<b>Ilustración 2-11:</b>	Algoritmo de carga de tres etapas inicial-absorción-flotación .....	16
<b>Ilustración 2-12:</b>	Inversores de corriente .....	17
<b>Ilustración 2-13:</b>	Baquelita .....	18
<b>Ilustración 2-14:</b>	Entorno de trabajo de labview .....	19
<b>Ilustración 3-1:</b>	Edificio administrativo carrera de mantenimiento industrial .....	20
<b>Ilustración 3- 2:</b>	Tensiones inferiores o iguales a 347 vca l-n/600 vca l-l .....	25
<b>Ilustración 3-3:</b>	Conexión del módulo pm800 .....	25
<b>Ilustración 3-4:</b>	Mediciones tomadas cada 15 min. ....	27
<b>Ilustración 3-5:</b>	Hora pico de consumo.....	28
<b>Ilustración 3-6:</b>	Ubicación exacta del edificio de la carrera de mantenimiento industrial .....	29
<b>Ilustración 3-7:</b>	Histograma de irradiación mensual .....	29
<b>Ilustración 3-8:</b>	Diseño de la estructura en solidworks.....	34
<b>Ilustración 3-9:</b>	Sistema de sombras .....	35
<b>Ilustración 3-10:</b>	Despiece de estructura.....	35
<b>Ilustración 3-11:</b>	Construcción de la base para el panel solar.....	36
<b>Ilustración 3-12:</b>	Construcción del triángulo de soporte .....	36
<b>Ilustración 3-13:</b>	Construcción de la base principal.....	37
<b>Ilustración 3-14:</b>	Construcción de la base principal.....	38
<b>Ilustración 3-15:</b>	Eje horizontal .....	38
<b>Ilustración 3-16:</b>	Soporte para el motor secundario .....	39
<b>Ilustración 3-17:</b>	Soporte para el motor primario .....	39
<b>Ilustración 3-18:</b>	Construcción del sistema de sombras.....	40
<b>Ilustración 3-19:</b>	Contrapesos .....	40
<b>Ilustración 3-20:</b>	Motores nema 23.....	41

<b>Ilustración 3-21:</b>	Tornillo si fin.....	42
<b>Ilustración 3-22:</b>	Sistema tornillo sin fin – piñón .....	42
<b>Ilustración 3-23:</b>	Reductor mecánico.....	43
<b>Ilustración 3-24:</b>	Sistema buje-prisionero.....	43
<b>Ilustración 3-25:</b>	Proceso de ensamblado de las piezas .....	44
<b>Ilustración 3-26:</b>	Panel solar ikao .....	45
<b>Ilustración 3-27:</b>	Inversor 12/24 v .....	46
<b>Ilustración 3-28:</b>	Sistema ni myrio.....	47
<b>Ilustración 3-29:</b>	Fotorresistencias.....	47
<b>Ilustración 3-30:</b>	Placa electrónica.....	49
<b>Ilustración 3-31:</b>	Conexiones del circuito de potencia del seguidor solar.....	52
<b>Ilustración 3-32:</b>	Conexión del circuito de control .....	52
<b>Ilustración 3-33:</b>	Acción de sentido de giros de los motores paso a paso .....	53
<b>Ilustración 3-34:</b>	Rectas obtenidas de las fotorresistencias.....	54
<b>Ilustración 3-35:</b>	Diagrama de bloques (izquierda)-panel frontal(derecha) en labview.....	56
<b>Ilustración 3-36:</b>	Ecuaciones de acondicionamiento de señales en labview .....	57
<b>Ilustración 3-37:</b>	Generación del sentido de giro para el seguidor solar.....	57
<b>Ilustración 3-38:</b>	Adquiere las señales de las fotorresistencias .....	58
<b>Ilustración 3-39:</b>	Genera pulsos y sentido de giro de los motores .....	59
<b>Ilustración 3-40:</b>	Comunicación de la myrio para señales de luz.....	60
<b>Ilustración 3-41:</b>	Adquisición de las señales de luz .....	61
<b>Ilustración 3-42:</b>	Configuración de señales de luz.....	62
<b>Ilustración 3-43:</b>	Creación de la tabla de datos.....	62
<b>Ilustración 3-44:</b>	Rango de horas de funcionamiento .....	63
<b>Ilustración 3-45:</b>	Paro del sistema y reinicio.....	64
<b>Ilustración 3-46:</b>	Configuración de hora y fecha en ni max.....	64
<b>Ilustración 4-1:</b>	Seguidor fotovoltaico .....	66
<b>Ilustración 4-2:</b>	Comparación de luminosidad.....	67
<b>Ilustración 4-3:</b>	Muestra sensor fijo día soleado .....	68
<b>Ilustración 4-4:</b>	Muestra sensor móvil, día soleado .....	68
<b>Ilustración 4-5:</b>	Diagrama de cajas sensor fijo.....	69
<b>Ilustración 4-6:</b>	Diagrama de cajas sensor móvil.....	69
<b>Ilustración 4-7:</b>	Muestra normalizada sensor fijo, día soleado .....	70
<b>Ilustración 4-8:</b>	Muestra normalizada sensor móvil, día soleado .....	70
<b>Ilustración 4-9:</b>	Comparación de muestras provenientes al día soleado .....	71
<b>Ilustración 4-10:</b>	Muestra sensor fijo día nublado .....	72
<b>Ilustración 4-11:</b>	Muestra sensor móvil día nublado.....	72

<b>Ilustración 4-12:</b> Diagrama de cajas sensor fijo, día nublado .....	73
<b>Ilustración 4-13:</b> Diagrama de cajas sensor móvil, día nublado .....	73
<b>Ilustración 4-14:</b> Muestra normalizada sensor fijo, día nublado.....	74
<b>Ilustración 4-15:</b> Muestra normalizada sensor móvil, día nublado.....	74
<b>Ilustración 4-16:</b> Comparación de muestras del día nublado.....	75
<b>Ilustración 4-17:</b> Comparación de energía esperada vs potencia obtenida .....	76

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** CÓDIGOS PARA EL EQUIPO MÓVIL POWER LOGIC PM800

**ANEXO B:** DISEÑO SOLID WORK

**ANEXO C:** DATASHEET MOTOR PASO A PASO

**ANEXO D:** CIRCUITO DE PLACA DE CONTROL

**ANEXO E:** DATA SHEET TARJETA MYRIO

**ANEXO F:** DATASHEET DE INVERSO DC – AC

**ANEXO G:** INTERFAS DE USUARIO – PROGRAMA

**ANEXO H:** VALORES MEDIDOS CON EL SISTEMA FOTOVOLTAICO POR DIAS

**ANEXO I:** POTENCIA ESPERADA EN M2

**ANEXO J:** DIFERENCIA DE LUXES, SENSOR FIJO Y SENSOR MOVIL

## RESUMEN

En la actualidad la creciente demanda de energía eléctrica y la utilización de energías fósiles que deterioran el medio ambiente crean la necesidad de implementar energías alternativas como la energía solar, los sistemas de captación fotovoltaica se construyen en base a datos hipotéticos obtenidos por softwares libres. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue implementar un sistema seguidor fotovoltaico para medir el nivel de radiación en el edificio administrativo de la carrera de Mantenimiento Industrial de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo perteneciente al cantón Riobamba, año 2023. La metodología implementada tuvo un enfoque cuantitativo comparativo, se utilizó el módulo PM800 para medir la energía diaria consumida en el área administrativa; luego, mediante cartas solares se determinó la energía solar posible a obtener, finalmente se construyó un seguidor fotovoltaico de dos ejes para un panel solar de 54 x 52 cm, controlado por un programa en LabVIEW, instalado en una tarjeta de adquisición de datos NI-myRIO. Los resultados obtenidos fueron datos de luminosidad solar reales tanto para un día soleado como un día nublado almacenados en EXCEL, además de valores de corriente y voltaje directos diferentes a los esperados según las cartas solares. En conclusión, en lo que respecta a luminosidad las medias de las mediciones con el sensor móvil tanto en el día soleado como en el nublado fueron mayores que las mediciones del sensor fijo, pero esta diferencia no fue significativa debido a que solo se analiza la luz visible sin tomar en cuenta los rayos ultravioletas, infrarrojos, microondas y rayos x; en lo que respecta a energía se aseveró que la cantidad de energía promedio obtenida durante 9 días fue de 1284.42 Wm<sup>2</sup>/día en comparación al valor promedio esperado que fue de 687,62 Wm<sup>2</sup>/día, es decir un 87% más de aprovechamiento.

**Palabras clave:** <SISTEMA SEGUIDOR FOTOVOLTAICO> <ENERGÍA SOLAR> <FOTORRESISTENCIA> <SENSOR DE LUMINOSIDAD> <LABVIEW (SOFTWARE)> <POTENCIA ELÉCTRICA>.

1780-DBRA-UPT-2023



## ABSTRACT

In today's world, the growing demand for electrical power and the use of fossil fuels, which harm the environment, have underscored the need for alternative energy sources such as solar energy. Photovoltaic systems are often designed using hypothetical data generated by open-source software. Therefore, this research aims to implement a solar tracking system to measure solar radiation levels on the administrative building of the Industrial Maintenance school at Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, located in Riobamba, in 2023. The methodology employed in this study adopts a comparative and quantitative approach. We used a PM800 module to measure the daily energy consumption in the administrative area. Subsequently, solar charts were consulted to estimate the potential solar energy that could be harnessed. Finally, a two-axis solar tracker was constructed to follow the sun's path, optimizing the orientation of a 54 x 52 cm solar panel. This tracker was controlled by a program developed in LabVIEW and installed on a NI-myRIO data acquisition card. In summary, concerning luminosity, measurements with the mobile sensor indicated higher values than those obtained from the stationary sensor, both on sunny and cloudy days. However, this difference is not considered significant, as the analysis only regarded visible light and did not consider other parts of the electromagnetic spectrum, such as ultraviolet, infrared, microwave, and X-rays. Regarding energy production, it was observed that the average energy generated over nine days was 1284.42 W/m<sup>2</sup>/day, significantly surpassing the expected average of 687.62 W/m<sup>2</sup>/day. This represents an impressive 87% increase in energy utilization.

Keywords: <SOLAR TRACKING SYSTEM> <SOLAR ENERGY> <PHOTOCELL>  
<LUMINOSITY SENSOR> <LABVIEW (SOFTWARE)> <ELECTRICAL POWER>



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

1780-DBRA-UPT-2023

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad con la creciente demanda de energía eléctrica y la utilización de energías fósiles que deterioran el medio ambiente ha aumentado la necesidad de la utilización de energías alternativas para obtener electricidad, una de las fuentes naturales inagotables es la radiación electromagnética del sol que su uso inicia en obtener datos de radiación solar para implementar un sistema fotovoltaico, uno de los métodos actuales que se utiliza para dimensionar los equipos de un sistema fotovoltaico son los softwares libres y cartas solares que arrojan datos indirectos de radiación sobre una determinada área de estudio por lo que, el siguiente proyecto trata sobre la implementación de un sistema seguidor fotovoltaico para medir el nivel de radiación en el edificio administrativo de la Carrera de Mantenimiento Industrial.

Este proyecto específicamente trata sobre la creación de un prototipo de seguidor fotovoltaico que arrojará datos de radiación solar reales que se almacenarán en un sistema embebido de adquisición de datos NI myRIO, posteriormente serán comparados con los datos indirectos de los softwares libres o cartas solares existentes en la internet dando como resultado determinar la veracidad y cuanta es la diferencia en relación a lo obtenido con el seguidor solar, estos datos serán procesados en un programa de Excel para su estudio.

También, se implementará dos sensores de intensidad luminosa para comparar datos entre un sistema dinámico con un sistema estático fotovoltaico con el fin de evaluar la eficiencia de estos en la producción de electricidad y aprovechamiento de la mayor radiación solar existente.

Para controlar este seguidor solar se creará un sistema de sombras conformado por 4 fotorresistencias que según la luminosidad recibida durante el día enviarán señales de voltajes que serán procesados en la tarjeta de adquisición de datos, comparados y controlados por un programa creado en el software LabVIEW que a su vez enviara las coordenadas para el sentido de giro de los dos motores paso a paso conectados a los dos controladores TB6600.

Además, debido al movimiento del seguidor solar será necesario crear una placa electrónica en baquelita que permitirá comunicar las señales de control para los elementos externos de forma directa con la myRIO mediante un bus de datos.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes

A lo largo de la historia la humanidad ha dependido del consumo de energía para sus diferentes actividades, empezando con el uso de la fuerza física de las propias personas y algunos animales hasta pasar por el uso de energías fósiles no renovables como el petróleo. Hoy en día esto representa un problema para la naturaleza y los animales por lo cual se ha optado por energías alternativas como la energía hidroeléctrica, mareomotriz, entre otras, tratando de dar una Solución amigable con el ambiente, con el fin de aportar con esta idea se empieza a utilizar la energía solar para la generación de energía limpia y renovable.

Llamamos energías renovables a aquellas que tienen ciclos de creación y de consumo que se pueden medir en escalas de tiempo similares.

Por ejemplo, la energía solar la podemos obtener mientras el día está soleado y podemos consumir de modo prácticamente simultáneo. (Labarta, 2012, p. 140)

### 1.2. Planteamiento del problema

En la actualidad con la creciente demanda de energía eléctrica y la utilización de energías fósiles que deterioran el medio ambiente ha aumentado la necesidad de la utilización de energías alternativas como la energía solar.

Los equipos de captación de energía solar fotovoltaico actuales se construyen de manera estática a nivel semiindustrial, valiéndose de softwares libres en línea que arrojan datos indirectos de la cantidad de radiación electromagnética del sol sobre determinados ambientes o según la energía de consumo de los hogares, empresas, etc, donde se pretende instalar estos sistemas, con lo cual se pierde una gran cantidad de energía, se eleva costos en los equipos de obtención energética, una baja eficiencia del sistema solar, y se desaprovecha la ventaja de obtener energía eléctrica de una fuente inagotable y natural al máximo. Partiendo de este problema, se busca desarrollar un prototipo de un sistema de seguimiento de luz solar fotovoltaico que mida la mayor cantidad de energía solar posible sobre el edificio de la carrera de Mantenimiento Industrial destacando que la ciudad de Riobamba está ubicada a una altura de 2754 metros sobre el nivel del mar (msnm) y

muy cerca de la línea ecuatorial, lo que representa también como ventaja de un alto índice de energía solar que se podría aplicar para futuros estudios o proyectos de energía renovable.

### **1.3. Justificación del proyecto**

La radiación solar que llega a la capa externa de la atmósfera depende de la distancia entre el Sol y la Tierra. Se conoce que a esa distancia es de  $1.412 \text{ W/m}^2$ . A esta irradiancia media se la conoce como constante solar. No toda esta energía que llega a la atmósfera alcanza la superficie de la Tierra, ya que una parte de ella es reflejada y otra es absorbida.

De la radiación que alcanza la Tierra se puede distinguir: La directa, la difusa y la reflejada. Suele asignarse el valor de  $1.000 \text{ W/m}^2$  para la irradiancia ideal en un día soleado al mediodía de un día de verano.

Dado que la irradiancia es una potencia por unidad de superficie, a lo largo del tiempo obtenemos una energía, como producto de la potencia por el tiempo. Esa energía o irradiación puede medirse en julios (J) o en la unidad convencional de kilovatios hora (kWh). Los mapas de irradiación indican la energía incidente en diversas zonas de la Tierra a lo largo de un año. (Labarta Valentín, 2012)

Aprovechando la gran irradiación que tiene la ciudad de Riobamba y con la fabricación de un prototipo de seguidor fotovoltaico que consta de un panel solar, se pretende obtener datos reales de radiación electromagnética procedente del sol sobre el edificio de la Carrera en Mantenimiento Industrial para compararlos con otros datos indirectos de softwares de medición solar en línea y saber cuánta es la diferencia entre los mismos.

Esta diferencia brindará información veraz, que permitirá una visión real sobre el planteamiento a futuro de un proyecto para generar energía renovable y limpia que ayude a abaratar los costos que representa el consumo de la energía hidroeléctrica dentro del área administrativa de este edificio, para lo cual también se pretende medir mediante un equipo especial la energía real diaria que se consume, este será un dato adjunto para saber la cantidad la energía, tipo de sistema fotovoltaico, características de equipos y un posible costo si se desea sustentar una implementación de un sistema de energía propia sin la necesidad de la utilización de productos nocivos para la naturaleza y preservando así la misma.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Implementar un sistema seguidor fotovoltaico para medir el nivel de radiación en el edificio administrativo de la Carrera de Mantenimiento Industrial

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

Construir un seguidor solar fotovoltaico para medir la radiación electromagnética generada por el sol.

Adquirir datos del nivel de radiación solar en el edificio de la carrera Mantenimiento Industrial utilizando cartas solares.

Determinar la energía real de consumo en el área administrativa de la carrera de Mantenimiento Industrial con equipo de monitoreo móvil Power Logic PM800.

Analizar la cantidad de energía obtenida y determinar si es sustentable para futuras implementaciones.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Energías renovables

Se puede definir como la generación de energía limpia es decir sin efecto invernadero e inagotable la cual se encuentra de manera natural entre las principales podemos nombrar: Energía solar, energía eólica, energía hidráulica o hidroeléctrica, biomasa y biogás, energía geotérmica, energía mareomotriz, energía undimotriz u olamotriz, bioetanol, biodiesel

#### 2.2. Energía solar

La energía solar es aquella que llega desde el Sol hacia la Tierra a la cual se considera como un recurso inagotable y limpio.

La energía solar puede aprovecharse de dos maneras: mediante la conversión térmica, que consiste en transformar la energía solar en energía térmica, y la conversión fotovoltaica, en la cual se emplean paneles solares para recolectar la energía luminosa y convertirla en eléctrica. La energía solar es importante para el planeta pues es un recurso energético renovable que podría reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles, altamente contaminantes. Además, ayuda al desarrollo sustentable, disminuye la contaminación y reduce el impacto ambiental.

La energía solar puede clasificarse como pasiva o activa, según la forma en que sea capturada, convertida y utilizada (Marulanda, 2023, p.227).

**Energía sola activa:** Se vale de los paneles fotovoltaicos y los colectores solares térmicos para recolectar energía (Marulanda, 2023, p. 227).

**Energía sola pasiva:** Utiliza esencialmente arquitectura bioclimática, diseñada especialmente para captar la energía solar y aprovecharla (Marulanda, 2023, p. 227).

Entre sus ventajas, la energía solar es renovable y, en consecuencia, no es contaminante.

Entre sus desventajas, se encuentra el hecho de que es una fuente de energía dependiente de factores como el clima o el número de horas del Sol al año (Marulanda, 2023, p. 227).

### **2.2.1. Energía solar térmica**

La energía Solar térmica usa la energía calorífica emitida por el Sol hacia la Tierra para calentar agua y su posterior uso doméstico.

### **2.2.2. Energía solar fotovoltaica**

La energía Solar fotovoltaica transforma la radiación Solar en electricidad por medio de la unión de semiconductores de tipo P y tipo N (unión PN) al unir los semiconductores y agregarles una carga, existe un movimiento de los electrones libres ubicados en el semiconductor tipo N. Estos electrones llegarán a ocupar los huecos presentes en el semiconductor tipo P, los electrones y huecos en los semiconductores se generan por la acción que tienen los fotones (rayos de Sol) sobre estos materiales al romper su enlace covalente y generar dicho movimiento. Este movimiento de electrones crea un diferencial de potencial en esto se da por la atracción que ejerce una carga unida al circuito y por lo cual se puede repetir el ciclo. Este ciclo es conocido como Efecto Fotovoltaico.

## **2.3. Radiación solar**

La radiación solar se transmite a través del espacio en forma de ondas cortas electromagnéticas las cuales son producidas por las reacciones del hidrogeno en el núcleo del Sol. Este tipo de ondas emiten  $4 \times 10^{17}$  [J] de energía cada segundo, pero se considera que la energía por superficie que llega a la Tierra es de  $1000 \frac{W}{m^2}$  en promedio.

$\frac{W}{m^2}$

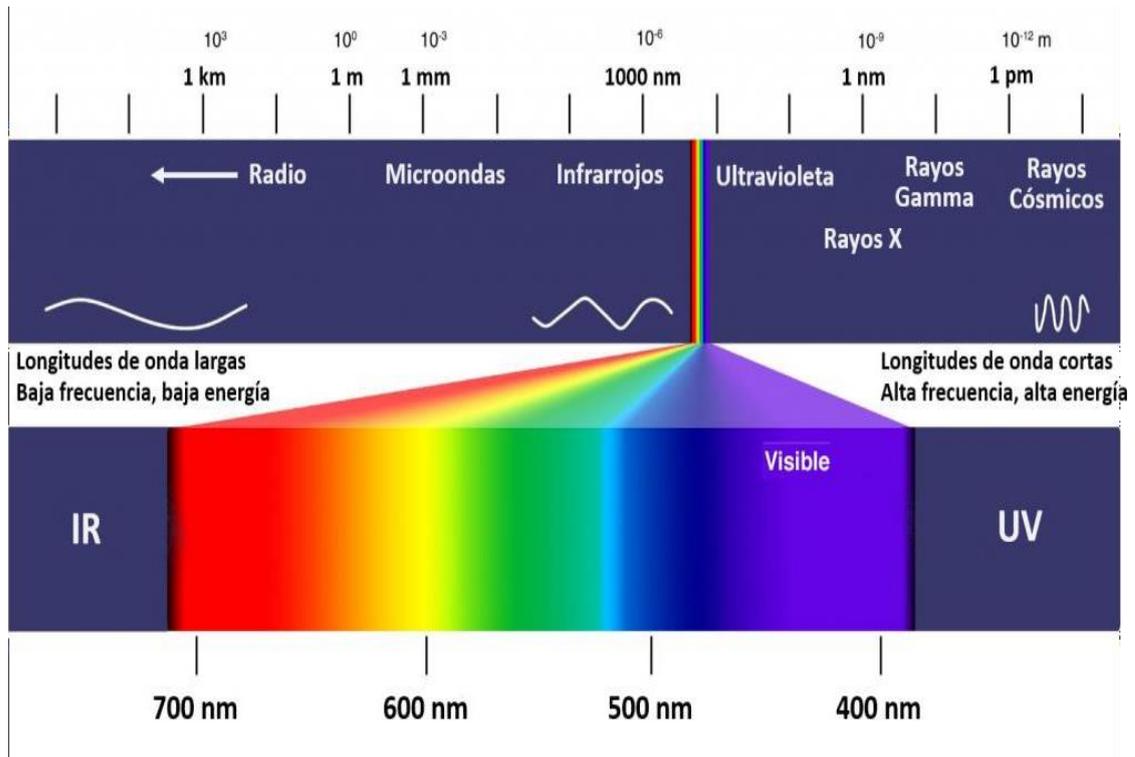
### **2.3.1. Espectro solar**

El espectro solar es una parte del espectro electromagnético el cual nos muestra las longitudes de todas las ondas electromagnéticas existentes, las longitudes de onda comprendidas en el espectro Solar van desde los 100nm hasta los 1400nm el cual comprende los rayos ultravioletas (rayos UV), el espectro o luz visible y los rayos infrarrojos. (Ver Ilustración 1-2)

### **2.3.2. Tipos de radiación solar**

#### **2.3.2.1. Radiación solar directa**

Es la radiación solar que llega de manera directa desde el Sol hacia la superficie de la Tierra.



**Ilustración 2-1:** Espectro electromagnético.

Fuente: Helio Esfera, 2020

#### 2.3.2.2. Radiación solar difusa (radiación indirecta)

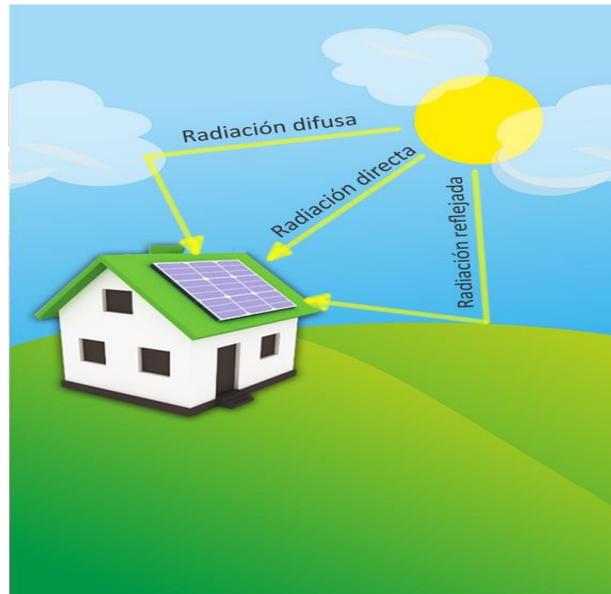
Es la radiación que se dispersa al atravesar la atmósfera y las nubes es decir no llega de manera directa, sino que toma diferentes direcciones para posteriormente llegar a la superficie de la Tierra.

#### 2.3.2.3. Radiación solar reflejada (radiación de Albedo)

Se define como la radiación Solar que toma se dispersa o toma diferentes direcciones en la superficie de la Tierra, estas direcciones dependen de la posición o inclinación en la cual se encuentre la superficie en la que impacte la radiación o también conocido como Albedo. El Albedo puede tomar valores de 0,1 para superficies oscuras hasta 1 para superficies perfectamente reflectantes.

#### 2.3.2.4. Radiación solar global

Es la sumatoria de todos los tipos de radiación existentes en el ambiente.



**Ilustración 2-2:** Tipos de radiación Solar

Fuente: Helio Esfera, 2020

## 2.4. Movimiento solar

La ciudad de Riobamba tiene una gran incidencia solar ya que, al estar ubicada en la línea ecuatorial recibe una gran cantidad de radiación solar uniforme todos los días de aproximadamente 6 horas en promedio.

El movimiento que tiene la Tierra alrededor del Sol es uno de los conocimientos básicos de la humanidad. Este movimiento es elíptico de la Tierra teniendo como su centro al Sol, la distancia del Sol a la Tierra se calcula con la ecuación:

$$r = r_0 \left[ 1 - 0.017 \sin \left( \frac{360 (d_n - 93)}{365} \right) \right] \quad (1)$$

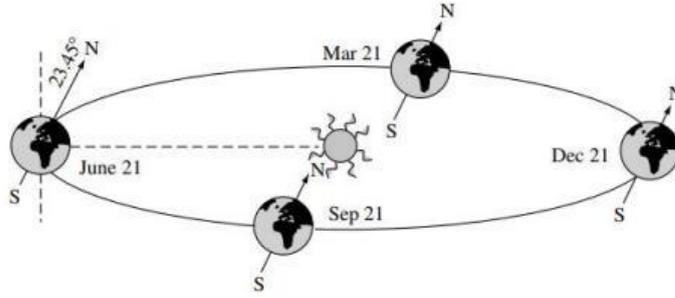
Dónde:

$d_n$  = Número de días contados desde el inicio del año.

La excentricidad de la elíptica es 0.017.

$r_0$  = Unidad astronómica =  $1.496 \cdot 10^8$  [km].

La Tierra también gira sobre su propio eje central llamado eje polar. El eje polar orbita alrededor del Sol manteniendo un ángulo constante de  $23.45^\circ$  con el plano de la órbita elíptica. Esta inclinación es la que hace que el Sol esté más alto en el cielo en verano que en invierno y produce que haya más horas de luz solar en verano y menos horas de luz solar en invierno.



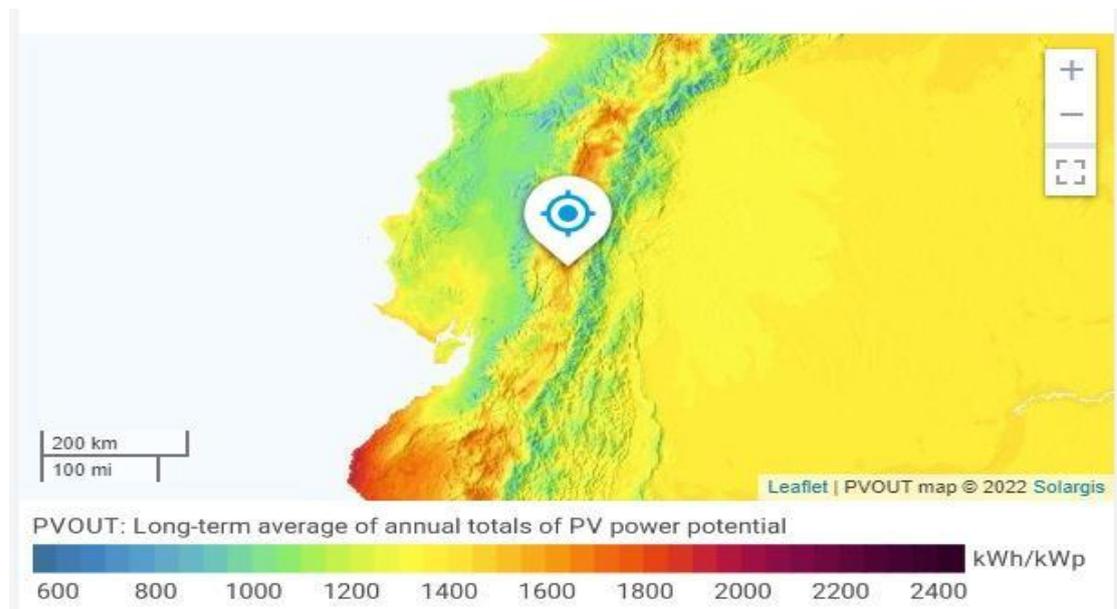
**Ilustración 2-3:** Orbita de la tierra alrededor del Sol

**Fuente:** Chá (Yubasolar, 2014)vez, A. 2021

Se debe considerar que el ángulo entre el plano ecuatorial y una línea recta trazada entre el centro de la Tierra y el centro del Sol cambia constantemente durante el año. Este ángulo se define como declinación solar,  $\delta$ . Se puede considerar aproximadamente constante en el transcurso de un día cualquiera. La variación máxima del ángulo  $\delta$  durante 24 horas es menor a  $0.5^\circ$ . Considerando los ángulos al norte del ecuador positivos y al sur de ecuador negativos, la declinación solar se puede encontrar con la siguiente fórmula: (Cristhian Agustín, 2021, p. )

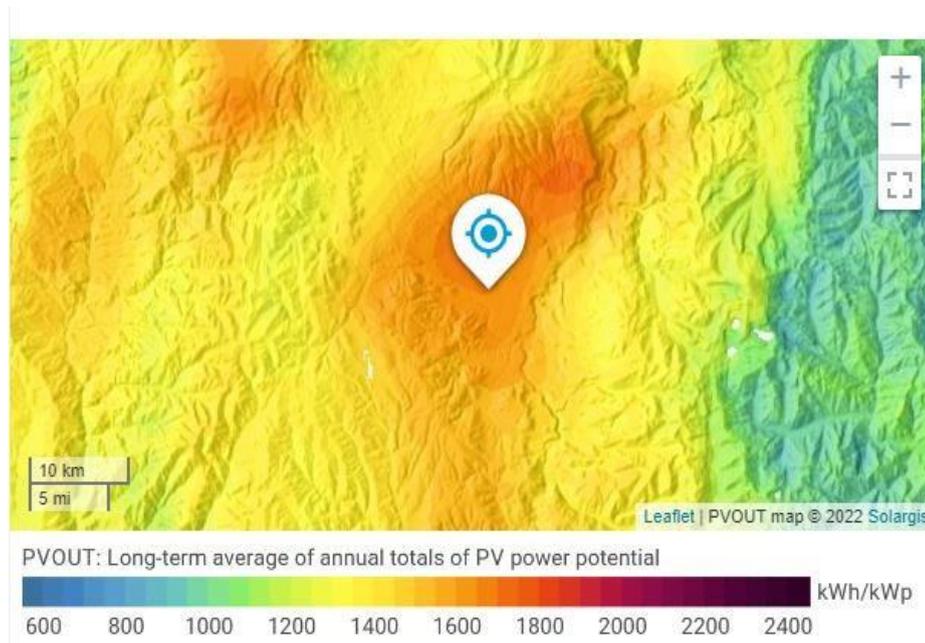
$$\delta = 23.45^\circ \sin\left(\frac{360(d_n - 284)}{365}\right) \quad (2)$$

## 2.5. Mapa solar del Ecuador (Riobamba)



**Ilustración 2-4:** Mapa solar del Ecuador

**Fuente:** (Atlas Global Solar), 2023



**Ilustración 2-5:** Mapa solar de la ciudad de Riobamba

**Fuente:** (Atlas Global Solar), 2023

### 2.5.1. *Perfiles horarios promedio mensuales 2021*

**Tabla 2-1:** Valores diarios de tipos de radiación presentes en la ciudad de Riobamba

<b>Tipo de radiación</b>	<b>Cantidad de energía</b>
Salida de potencia fotovoltaica específica. [kWh/kWp]	1655,8
Irradiación normal directa [kWh/m <sup>2</sup> ]	1656,6
Irradiación horizontal global [kWh/m <sup>2</sup> ]	2023,2
Irradiación horizontal difusa. [kWh/m <sup>2</sup> ]	856,3
Irradiación inclinada global en ángulo óptimo. [kWh/m <sup>2</sup> ]	2026,8
Temperatura del aire. [° C]	13,3
Inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos. [°]	4
Elevación del terreno. [m]	2755

**Fuente:** (Atlas Global Solar)

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Como se puede observar en la tabla (2-2), la incidencia Solar en la ciudad de Riobamba se concentra entre las 06:00 am y las 18:00 pm, teniendo su máximo entre las 11:00 y 13:00 horas.

**Tabla 2-2:** Horarios promedio mensuales de la ciudad de Riobamba y sus valores pico

<b>Hora</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Promedio</b>	<b>Unidades</b>
<b>0-4</b>	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	<b>0,00</b>	Wh / m2
<b>4 - 5</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0,00</b>	Wh / m2
<b>5 - 6</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0,00</b>	Wh / m2
<b>6 - 7</b>	42	0	30	69	87	84	85	90	112	117	120	97	<b>77,75</b>	Wh / m2
<b>7 - 8</b>	266	188	195	228	265	280	319	328	337	335	346	297	<b>282,00</b>	Wh / m2
<b>8 - 9</b>	381	291	290	316	342	350	400	428	437	442	478	404	<b>379,92</b>	Wh / m2
<b>9 - 10</b>	461	362	355	373	386	398	446	477	501	508	539	466	<b>439,33</b>	Wh / m2
<b>10 - 11</b>	505	417	402	417	443	439	475	497	495	544	590	518	<b>478,50</b>	Wh / m2
<b>11 - 12</b>	534	447	426	448	466	447	476	472	453	553	604	545	<b>489,25</b>	Wh / m2
<b>12 - 13</b>	536	450	435	428	470	455	489	468	454	576	574	530	<b>488,75</b>	Wh / m2
<b>13 - 14</b>	497	469	404	393	430	445	496	461	435	517	519	468	<b>461,17</b>	Wh / m2
<b>14 - 15</b>	458	391	342	360	430	459	503	470	401	424	429	440	<b>425,58</b>	Wh / m2
<b>15 - 16</b>	432	339	330	357	426	468	530	485	406	377	360	400	<b>409,17</b>	Wh / m2
<b>16 - 17</b>	380	309	299	326	406	453	488	448	372	321	293	356	<b>370,92</b>	Wh / m2
<b>17 - 18</b>	294	255	231	248	285	323	365	331	216	167	152	256	<b>260,25</b>	Wh / m2
<b>18 - 19</b>	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>3,17</b>	Wh / m2
<b>19-24</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0,00</b>	Wh / m2
<b>Suma</b>	4786	3956	3739	3963	4436	4601	5072	4955	4619	4881	5004	4777	<b>4565,75</b>	Wh / m2

Fuente: Atlas Solar global 2023

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

## 2.6. Seguidores solares

Un seguidor solar es un dispositivo que ayuda a ubicar la posición del Sol. Son desarrollados para los sistemas fotovoltaicos, su diseño permite incrementar la eficiencia de recibimiento de radiación Solar.

Los seguidores solares han demostrado según varios estudios un porcentaje de recuperación de energía solar del 10% al 50% comparado con un sistema de ángulo fijo. (Conceptualización y análisis de los sistemas de seguimiento Solar, 2019, p. 3).

### 2.6.1. Tipos de seguidores solares

Según el número de ejes y el movimiento que realizan se describen dos tipos de seguidores solares:

#### 2.6.1.1. Seguidor solar de un eje

Posee un solo grado de libertad para moverse, es decir un único eje realiza la rotación en un Solo sentido de la superficie ya sea vertical, horizontal u oblicua, esto limita que no ejecute un seguimiento completo al Sol. Su seguimiento puede ser en altura solar o azimut, pero nunca combinadas las dos. (Ver Ilustración 6 - 2)



**Ilustración 2-6:** Seguidor solar de un Solo eje

Fuente: Xiamen Jesfer Industry & Trade Co Ltd. 2023

### 2.6.1.2. Seguidor solar de dos ejes

Tiene como función principal rastrear al Sol mediante el uso de dos ejes, el primario que está fijo en su base y el segundo ubicado en su parte superior de forma perpendicular al primario.

Su favorable libertad de movimiento permite que la superficie que recibe los rayos solares se mantenga perpendicular a los mismos dando como resultado mejor precisión y máxima captación de energía alrededor de un 50 % en comparación con los paneles fijos horizontales y ganancias promedio de 29.3%. (Conceptualización y análisis de los sistemas de seguimiento Solar, 2019, p. 72). La máxima captación se logra cuando el ángulo de incidencia sea mínimo ( $0^\circ$ ), es decir, que la inclinación de la superficie debe ser igual a la altitud del Sol y la orientación debe ser igual al azimut Solar (Vilcanqui, 2020, p.19).

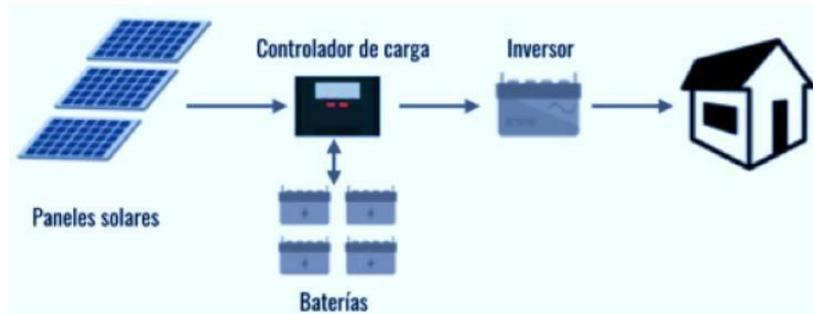


**Ilustración 2-7:** Seguidor Solar de dos ejes

**Fuente:** Interempresas. 2015

## 2.7. Sistema seguidor fotovoltaico

En los diferentes generadores solares la energía producida es directamente proporcional a la irradiación que incide sobre el colector. Este es el motivo principal para que un seguidor solar necesite varios elementos adicionales, su función es captar la radiación solar y transformarla en energía eléctrica estable útil para los distintos equipos eléctricos. Un sistema fotovoltaico está conformado por: Un generador fotovoltaico, un banco de baterías, un regulador de carga y un inversor (Vilcanqui, 2020, p. 16).



**Ilustración 2-8:** Componentes de un sistema seguidor solar

**Fuente:** Guayazan Pinto , y otros, 2020, p. 21

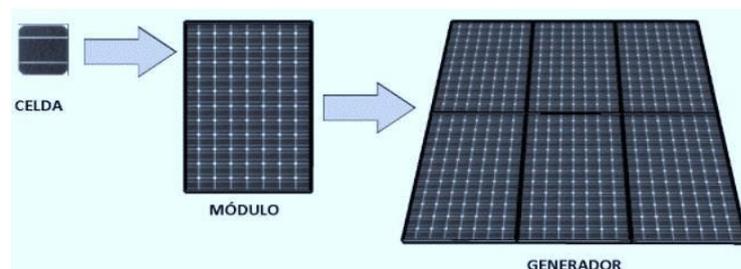
### 2.7.1. Paneles solares fotovoltaicos

Los paneles solares fotovoltaicos convierten la radiación del Sol en energía eléctrica, están compuestos por celdas fotovoltaicas y éstas a su vez por materiales semiconductores como el silicio cristalino que absorbe la luz solar y la transforma en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. Los paneles fotovoltaicos se conectan en matrices generando así grandes cantidades de electricidad y éstas matrices con el inversor, la batería y el regulador.

“Un sistema fotovoltaico está conformado de varias matrices en paralelo. Cada matriz se compone de varios módulos fotovoltaicos conectados en serie” (Huamonte Castro , 2019, p. 23).

En la actualidad su mayoría son de silicio cristalino, así como también hay de monocristalino y los policristalinos. “De estos dos paneles, el monocristalino es el que tiene una mayor eficiencia en comparación al policristalino” (Huamonte Castro , 2019).

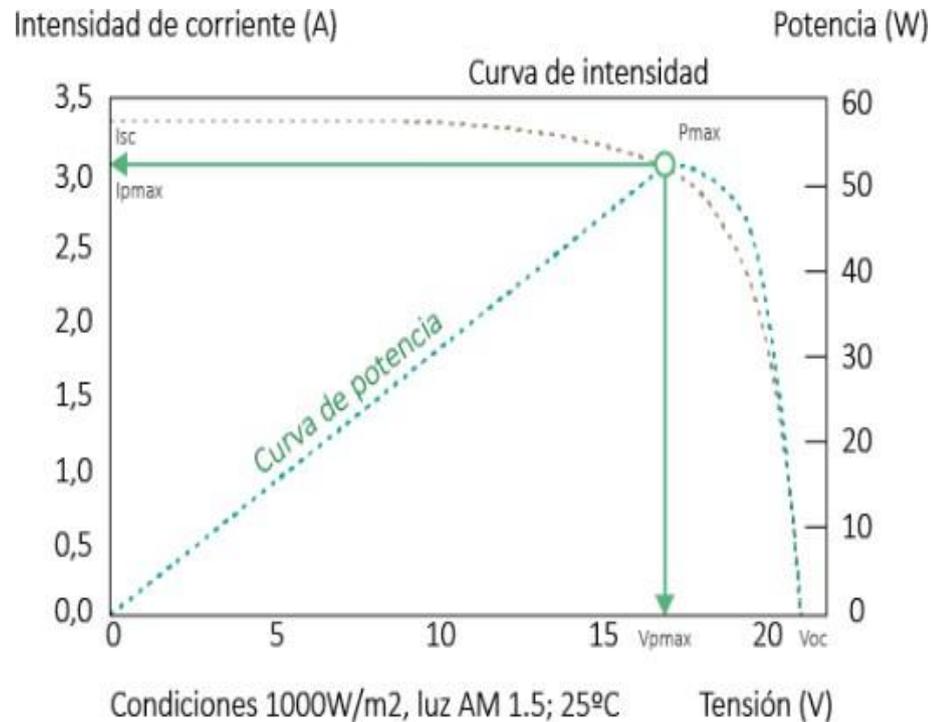
Para instalaciones pequeñas o domiciliarias se recomienda el uso de paneles solares fotovoltaicos policristalinos ya que por su fabricación más sencilla reduce su costo a comparación de los paneles solares fotovoltaicos monocristalinos.



**Ilustración 2-9:** Celda, modulo y generador de un sistema fotovoltaico

**Fuente:** Guayazan Pinto , Mendivelso Moreno, Puentes Restrepo , & Villamil Vargas, 2020

Los paneles solares fotovoltaicos generan una curva característica la cual representa la variación de la tensión y la intensidad de corriente al variar la radiación, pero esta debe mantenerse constante en el tiempo.



**Ilustración 2-10:** Curva de intensidad vs tensión de un panel fotovoltaico

Fuente: Arenas, 2019

### 2.7.1.1. Tipos de paneles fotovoltaicos

Los paneles solares fotovoltaicos se dividen en dos de acuerdo con el tipo de células fotovoltaicas que éstos posean, éstos pueden ser cristalinos o amorfos. Dentro del grupo de los cristalinos existen los siguientes tipos:

**Paneles fotovoltaicos monocristalinos:** Se los llama monocristalinos a razón de que sus células fotovoltaicas están compuestas por un único cristal de silicio, los cuales son de color negro. Las ventajas de los paneles solares monocristalinos es su alta eficiencia y rendimiento frente a los otros tipos de paneles. Dentro de los paneles solares fotovoltaicos monocristalinos existen los siguientes tipos:

- Monocristalino. (Común)
- Monocristalino PERC

- Monocristalino Tipo – N
- Monocristalino Tipo – N HJT
- Monocristalinos Tipo – N (IBC – Contactos traseros)

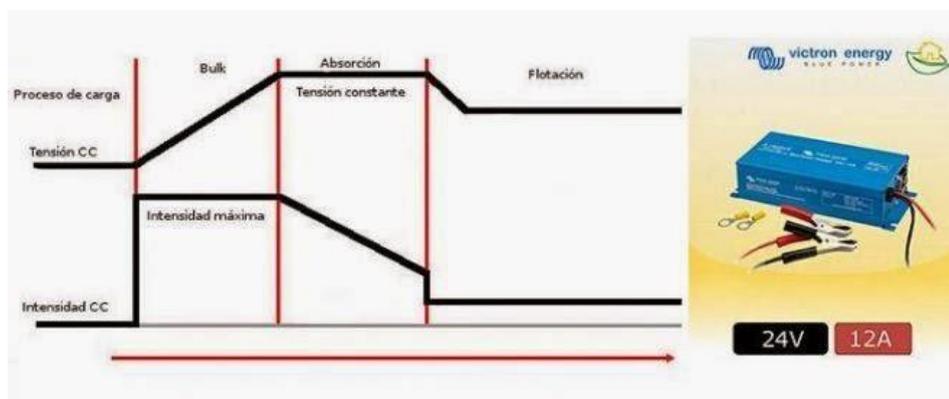
Dentro de este grupo se puede decir que los que mayor eficiencia y rendimiento brindan son los Monocristalinos Tipo – N (IBC – Contactos traseros) con una eficiencia entre 19,2 % al 22.6%.

**Paneles solares fotovoltaicos policristalinos:** Se los llama paneles solares fotovoltaicos policristalinos ya que sus células fotovoltaicas están compuestas por varios cristales de silicio éstos poseen un color azulado Una de sus principales ventajas es que a pesar de tener una pequeña cantidad de impurezas en su superficie puede seguir funcionando con normalidad.

**Paneles solares fotovoltaicos amorfos:** Se los llama paneles solares fotovoltaicos amorfos por su forma de construcción, ya se presenta como una sola lámina delgada la cual recoge la energía solar, su color característico es el negro, gracias a su forma de construcción el precio es menor que los demás tipos de paneles solares fotovoltaicos

## 2.8. Controlador de carga.

Los controladores de carga garantizan el proceso óptimo de carga de un acumulador previniendo su sobre descarga y sobrecarga, el objetivo es incrementar su vida útil, utilizan algoritmos de carga, para los sistemas fotovoltaicos el algoritmo más completo es el inicial – absorción - flotación. (Pacheco Bautista et al., 2019 pp.. 2-3)



**Ilustración 2-11:** Algoritmo de carga de tres etapas inicial-absorción-flotación

Fuente: YubaSolar, 2014

## 2.9. Baterías

Las baterías tienen la función de almacenar la energía eléctrica para posteriormente utilizarla en sistemas que no están alimentados por una red eléctrica. Las baterías se pueden dividir en dos principales grupos: Las baterías Monoblock y las baterías de modelo estacionario.

**Las baterías modelo Monoblock** (baterías placa plana, placa reforzada, Gel y Agm): Se emplean en módulos de baja potencia debido a que no soportan los picos de arranque de los equipos con motor. Su vida media es de 3-4 años, pero si son utilizadas con aparatos con motor su vida útil se reduce a un año.

**Las baterías de modelo estacionario** (OPZS, OPZV, TOPZS Y EPZS.): su estructura está formada por vasos independientes de 2V cada uno, la capacidad de carga se acerca a los 4500Ah, al conectar entre si los vasos independientes se obtiene baterías de 12 V, 24V, y 48V. (Guayazan Pinto, et al., 2020, p. 23)

## 2.10. Inversores

El inversor solar conocido también como convertidor “es un aparato eléctrico que se encarga de transformar la corriente continua (CC) generada por los paneles solares o de las baterías, en caso de tener instaladas, en corriente alterna (CA)” (Cabot Sancho, 2021, p. 44)



**Ilustración 2-12:** Inversores de corriente

Fuente: GREENVatio, 2020

Dentro de un sistema solar estos también optimizan la generación de energía obtenida por los paneles solares. La selección del inversor y de su tamaño se hace con arreglo a la potencia nominal FV que debe gestionar. El tamaño del inversor puede determinarse partiendo de un

valor de 0,8 a 0,9 para la relación entre la potencia activa inyectada a la red y la potencia nominal del generador (Cabot Sancho, 2021, p. 44)

## **2.11. Placas de circuito electrónico.**

Estas placas son superficies conformadas por pistas o buses de un determinado tipo de material conductor laminadas sobre una base de tipo no conductora, por lo general las pistas son de cobre a diferencia de las bases que son fabricadas en Pertinax, plástico, fibra de vidrio, plástico o polímeros como la baquelita. “El circuito impreso se utiliza para conectar eléctricamente a través de las pistas conductoras, y sostener mecánicamente, por medio de la base, un conjunto de componentes electrónicos” (Velasco, 2018, p. 12)

### **2.11.1. Baquelita**

Es un fenoplástico utilizado hoy en día para realizar circuitos impresos, una de sus características principales es que es moldeable a medida que se le da forma y se solidifica al enderécense, no es conductor eléctrico, resistente a los solventes y al agua. Además, presenta “la propiedad de ser un plástico termoestable: una vez que se enfría no puede volver a ablandarse” (Velasco, 2018, p. 16), propiedad que le diferencia de los termoplásticos “que pueden fundirse y moldearse varias veces” (Velasco, 2018, p. 16).



**Ilustración 2-13:** Baquelita

Fuente: Velasquez, 2018

## 2.12. Software LabVIEW

LabVIEW es un entorno de programación gráfica que los ingenieros utilizan para desarrollar sistemas pruebas automatizadas de investigación, validación y producción. (National Instruments, 2022)

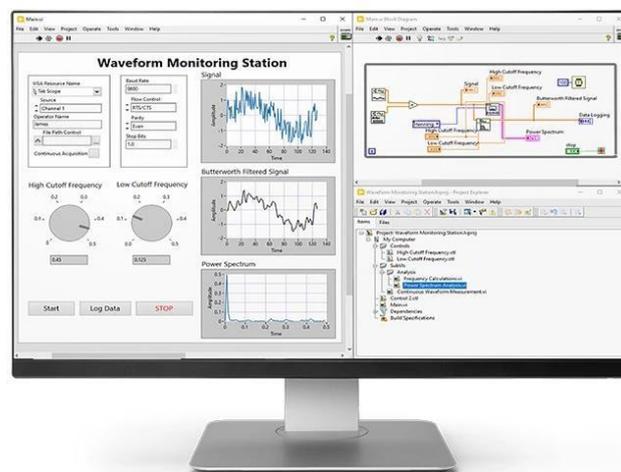
### 2.12.1. Programación gráfica para pruebas y medidas

LabVIEW tiene herramientas para construir rápidamente sistemas de pruebas automatizadas.

- Miles de funciones de análisis disponibles
- Elementos de visualización interactivos y con Ilustraciones
- Controladores para automatizar cada uno de los instrumentos y el hardware de adquisición de datos
- Conectividad a otros lenguajes y protocolos estándares de la industria (National Instruments, 2022)

### 2.12.2. Ventajas de estandarizar en LabVIEW

LabVIEW es la clave para acelerar las pruebas. Después de seleccionar NI, con LabVIEW como base para las pruebas, L3 ha aumentado su rendimiento de ingeniería con mejoras en el tiempo de desarrollo, tiempo de inactividad y reutilización de código. (National Instruments, 2022)



**Ilustración 2-14:** Entorno de trabajo de LabVIEW

**Fuente:** National Instruments, 2022

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se desarrolla los cálculos eléctricos para determinar los equipos necesarios para una posible sustentación de un sistema fotovoltaico en el edificio administrativo de la Carrera de Mantenimiento Industrial tomando en cuenta la radiación solar diaria obtenida por un atlas solar o software libre y la energía real consumida que se medirá con equipo de monitoreo móvil Power Logic PM800 en las oficinas que se dotarían de este servicio.

Seguido del mismo se detallará la construcción de un prototipo de seguidor fotovoltaico que consta de una la estructura metálica, el mecanismo de transmisión a instalar, los diferentes sensores de medición, el sistema de control automático para el seguimiento, el equipo para almacenar datos de radiación diaria y la forma de alimentación eléctrica de los equipos necesarios.

#### 3.1. Ubicación del edificio administrativo de la Carrera de Mantenimiento Industrial

Como base fundamental para la puesta en marcha de este proyecto técnico se cita que, el edificio administrativo de la Carrera de Mantenimiento Industrial se encuentra en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la Panamericana Sur km 1 ½ de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, el edificio consta de una área alrededor de 391,712 m<sup>2</sup>, lugar donde está dividido en laboratorios técnicos, la Dirección de la Carrera, Sala de Docentes, Laboratorio de Computación, SS.HH. y el Salón Azul.



**Ilustración 3-1:** Edificio Administrativo carrera de Mantenimiento Industrial

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.2. Compartimientos y equipos.

Entre los compartimientos de la segunda planta están dos laboratorios de Electricidad-Control Automático y de Programación-Computación con instalaciones tanto trifásicas como monofásicas que demandan un alto consumo de energía eléctrica, también están las oficinas de la Dirección de la Carrera, Secretaría y la Sala de Docentes con instalaciones monofásicas y menor consumo eléctrico que son objeto de medición de datos de potencia de consumo.

Dentro de cada oficina existen activos que deben ser detallados para determinar el consumo eléctrico durante el día y parte de la noche, dato importante para iniciar con los cálculos necesarios de los elementos del sistema fotovoltaico, éstos se detallan en la tabla 1-3.

**Tabla 3-1:** Áreas abastecidas y el número de equipos existentes

Área	Equipos	Cantidad Existente
Dirección de la carrera	Impresora	1
	Laptop	1
	Teléfono	1
	Proyector	1
	Lámparas	12
Sala de docentes	Computadoras portátiles	2
	Lámparas	1
Secretaria	Copiadora/ Impresora	1
	Monitor	1
	Teléfono	1
	lámparas	6
	CPU	1
	<b>TOTAL</b>	<b>29</b>

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.3. Cálculo de la demanda

#### 3.3.1. Potencia de los equipos

Todo equipo eléctrico tiene en su carcasa una placa de datos, es un documento de identidad que en ella se detallan datos como: frecuencia, voltaje, intensidad, potencia de consumo, factor de potencia etc.

De los equipos de la tabla 1-3 se procede a identificar estas placas, extraer los datos de potencia y sumar cada una de estas para obtener el valor de potencia instalada.

**Tabla 3-2:** Potencia de consumo de los equipos eléctricos.

Área	Equipos	Cantidad Existente	Potencia (W)
Dirección de la carrera	Impresora	1,00	6,20
	Laptop	1,00	45,50
	Teléfono	1,00	0,75
	Proyector	1,00	195,00
	Lámparas	12,00	32,00
Sala de docentes	Computadoras portátiles	2,00	45,05
	Lámparas	1,00	81,60
Secretaria	Copiadora/ Impresora	1,00	1180,00
	Monitor	1,00	16,00
	Teléfono	1,00	0,75
	Lámparas	6,00	32,00
	CPU	1,00	60,00
	<b>TOTAL</b>	<b>29,00</b>	<b>1694,85</b>

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.3.2. Potencia instalada

Se considera que la red eléctrica instalada posee características similares, la cantidad de equipos utilizados de donde se obtuvo los respectivos valores de potencia y el tipo de labor desarrollada, es decir actividades de oficina se determinó la potencia total instalada según la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia instalada} = \sum (\text{W} \times \text{Cantidad existente}) \quad (3)$$

Donde:

W = potencia de la placa de cada equipo eléctrico.

Obtenidos estos valores se procede a realizar la sumatoria final como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 3-3:** Potencia total instalada.

Área	Equipos	Cantidad Existentes	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Potencia Total (kW)
Dirección de la carrera	Impresora	1,00	1,00	6,20	0,0062
	Laptop	1,00	1,00	45,50	0,0455
	Teléfono	1,00	6,00	0,75	0,0008
	Proyector	1,00	2,00	195,00	0,1950
	Lámparas	12,00	8,00	32,00	0,3840
Sala de docentes	Computadoras portátiles	2,00	4,00	45,05	0,0901
	Balasto	1,00	4,00	81,60	0,0816
Secretaria	Copiadora/ Impresora	1,00	6,00	1180,00	1,1800
	Televisor	1,00	0,50	115,00	0,1150
	Monitor	1,00	8,00	16,00	0,0160
	Teléfono	1,00	6,00	0,75	0,0008
	Lámparas	6,00	8,00	32,00	0,1920
	CPU	1,00	8,00	60,00	0,0600
	TOTAL	30,00	62,50	1809,85	2,37

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.3.3. Consumo energético de los equipos

Este parámetro está definido como la suma total de consumo de energía que realiza cada equipo por un intervalo de tiempo, está dado por la fórmula siguiente:

$$CE_t = CE_1 + CE_2 + CE_3 + \dots + CE_n \quad (4)$$

Donde:

$CE_t$  = Energía total consumida (kWh)

$CE_1 + CE_2 + CE_3 + \dots + CE_n$  = energía consumida por cada equipo (kWh)

La cantidad de horas de uso es estimada por los usuarios que utilizan cada uno de los equipos consumidores.

La energía de consumo total en este sistema es de 13,49 kWh diarios, en este dato no se relaciona un factor de coincidencia de consumo, se asume que los equipos estarán en funcionamiento el

tiempo de uso descrito en las tablas, pero es necesario destacar que ciertos equipos no cumplen está disposición ya que su uso es no rutinario, estos detalles incitan a medir el valor de consumo real de energía para no sobredimensionar el sistema a instalar.

**Tabla 3-4:** Energía total consumida al día

Potencia total instalada y consumo diario						
Área	Equipos	Cantidad Existentes	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Potencia Total (kW)	Consumo (kWh)
Dirección de la carrera	Impresora	1,00	1,00	6,20	0,0062	0,00620
	Laptop	1,00	1,00	45,50	0,0455	0,04550
	Teléfono	1,00	6,00	0,75	0,0008	0,00450
	Proyector	1,00	2,00	195,00	0,1950	0,39000
	Lámparas	12,00	8,00	32,00	0,3840	3,07200
Sala de docentes	Computadoras portátiles	2,00	4,00	45,05	0,0901	0,36040
	Balasto	1,00	4,00	81,60	0,0816	0,32640
Secretaria	Copiadora/ Impresora	1,00	6,00	1180,00	1,1800	7,08000
	Televisor	1,00	0,50	115,00	0,1150	0,05750
	Monitor	1,00	8,00	16,00	0,0160	0,12800
	Teléfono	1,00	6,00	0,75	0,0008	0,00450
	Lámparas	6,00	8,00	32,00	0,1920	1,53600
	CPU	1,00	8,00	60,00	0,0600	0,48000
	<b>TOTAL</b>	<b>30,00</b>	<b>62,50</b>	<b>1809,85</b>	<b>2,37</b>	<b>13,49</b>

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

La energía de consumo total en este sistema es de 13,49 kWh diarios, en este dato no se relaciona un factor de coincidencia de consumo, se asume que los equipos estarán en funcionamiento el tiempo de uso descrito en las tablas, pero es necesario destacar que ciertos equipos no cumplen está disposición ya que su uso es no rutinario, estos detalles incitan a medir el valor de consumo real de energía para no sobredimensionar el sistema a instalar.

### 3.4. Determinación de energía real consumida

Las mediciones que van a detallar fueron tomadas con el fin de obtener lecturas reales de parámetros como: intensidad (I), voltaje (V), potencia (W) y consumo energético (kWh) directamente de la caja eléctrica de donde nace el circuito eléctrico que abastece a las oficinas. En este proceso, el equipo de monitoreo móvil Power Logic PM800 que se instaló siguiendo la siguiente secuencia:

Primero se conecta a un tomacorriente que puede ser de 110 o 220 V, se enciende, y lo que se programa según el sistema a utilizar, en este caso se midió en dos breakers monofásicos según las especificaciones del siguiente Ilustración:

Cableado monofásico/bifásico								
Número de cables	TI		Conexiones de tensión			Configuración del medidor		Número de figura
	Ctdad.	ID	Ctdad.	ID	Tipo	Tipo de sistema	Escala del primario del TT	
2	1	I1	2	V1, Vn	L-N	10	Sin TT	1
	1	I1	2	V1, V2	L-L	11	Sin TT	2
3	2	I1, I2	3	V1, V2, Vn	L-L con N	12	Sin TT	3
Cableado trifásico								
3	2	I1, I3	3	V1, V2, V3	Triángulo	30	Sin TT	4
	3	I1, I2, I3	3	V1, V2, V3	Triángulo	31	Sin TT	5
	1	I1	3	V1, V2, V3	Triángulo (equilibrado)	32	Sin TT	6
4	3	I1, I2, I3	3	V1, V2, V3, Vn	Triángulo de 4 hilos	40	Sin TT	7
	3	I1, I2, I3	3	V1, V2, V3, Vn	Estrella	40	Sin TT	7
	1	I1	3	V1, V2, V3, Vn	Estrella (equilibrada)	44	Sin TT	8

**Ilustración 3- 2:** Tensiones inferiores o iguales a 347 VCA L-N/600 VCA L-L

Fuente: ( Schneider Electric, 2011, p. 4)

El código para programar elegido es **3-2-3-12**, es decir 3 número de cables; 2 de I1, I2; 3 de V1, V2, Vn; y 12 tipo de sistema dentro del módulo PE800, luego se conecta las pinzas tipo lagarto para medir los voltajes siendo el orden primero el neutro (negro) seguido de las fases R-S (rojo), finalmente se conecta los convertidores de intensidad y para su desconexión se realiza los pasos desde el ultimo al primero.



**Ilustración 3-3:** Conexión del módulo PM800

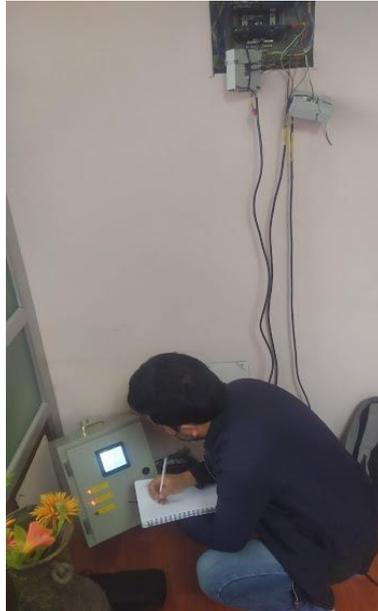
Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

**Tabla 3-5:** Mediciones obtenidas del tablero de potencia con el módulo PM800

Hora	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)	Energía (kWh)	Consumo/ 15 minutos
8:50:00	214	3	1	0,094	0,074
9:00:00	213	3	1	0,168	0,183
9:15:00	213	3	1	0,351	0,181
9:30:00	212	6	1	0,532	0,121
9:45:00	212	3	1	0,653	0,222
10:00:00	212	3	1	0,875	0,222
10:15:00	213	3	1	1,097	0,222
10:30:00	212	3	1	1,319	0,278
10:45:00	212	3	1	1,597	0,169
11:00:00	212	3	1	1,766	0,110
11:15:00	212	3	1	1,876	0,271
11:30:00	212	3	1	2,147	0,011
11:45:00	212	3	1	2,158	0,180
12:00:00	213	3	1	2,338	0,180
12:15:00	213	3	1	2,518	0,200
12:30:00	213	3	1	2,718	0,182
12:45:00	213	3	1	2,900	0,198
13:00:00	213	3	1	3,098	0,264
13:15:00	213	3	1	3,362	0,264
13:30:00	213	3	1	3,626	0,264
13:45:00	212	3	1	3,890	0,264
14:00:00	212	3	1	4,154	0,264
14:15:00	212	3	1	4,418	0,264
14:30:00	212	3	1	4,682	0,264
14:45:00	213	3	1	4,946	0,264
15:00:00	213	3	1	5,210	0,264
15:15:00	213	3	1	5,474	0,264
15:30:00	213	3	1	5,738	0,264
15:32:00	213	3	1	6,002	0,167
15:40:00	213	3	1	6,169	0,121
15:45:00	212	6	2	6,290	0,133
16:00:00	214	3	1	6,423	0,180
16:15:00	213	3	1	6,603	0,246
16:30:00	213	3	1	6,849	0,201
16:45:00	214	3	1	7,050	0,172
17:00:00	214	3	1	7,222	0,241
17:15:00	212	6	1	7,463	0,229
17:30:00	213	3	1	7,692	0,290
17:45:00	213	6	1	7,982	0,245
18:00:00	214	4	1	8,227	0,255
18:15:00	212	4	1	8,482	0,286
18:30:00	210	4	1	8,768	0,174
18:45:00	212	2	1	8,942	0,140
19:00:00	212	2	1	9,082	0,118
19:15:00	212	2	1	9,200	0,123
19:30:00	212	2	1	9,323	0,029
19:45:00	213	2	1	9,352	0,221
20:00:00	212	2	1	9,573	

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Secuencialmente se realizó las mediciones por el lapso de dos días, se consideró la jornada normal de trabajo iniciando a las 08h00 y culminando a las 20h00 cada 15 minutos, sin desconexión en el horario del almuerzo debido a que en determinado momento se podría necesitar o permanecer algún artefacto en funcionamiento, se obtuvo los siguientes datos de la Tabla 3-5.



**Ilustración 3-4:** Mediciones tomadas cada 15 min.

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.4.1. *Resultados de las mediciones de consumo*

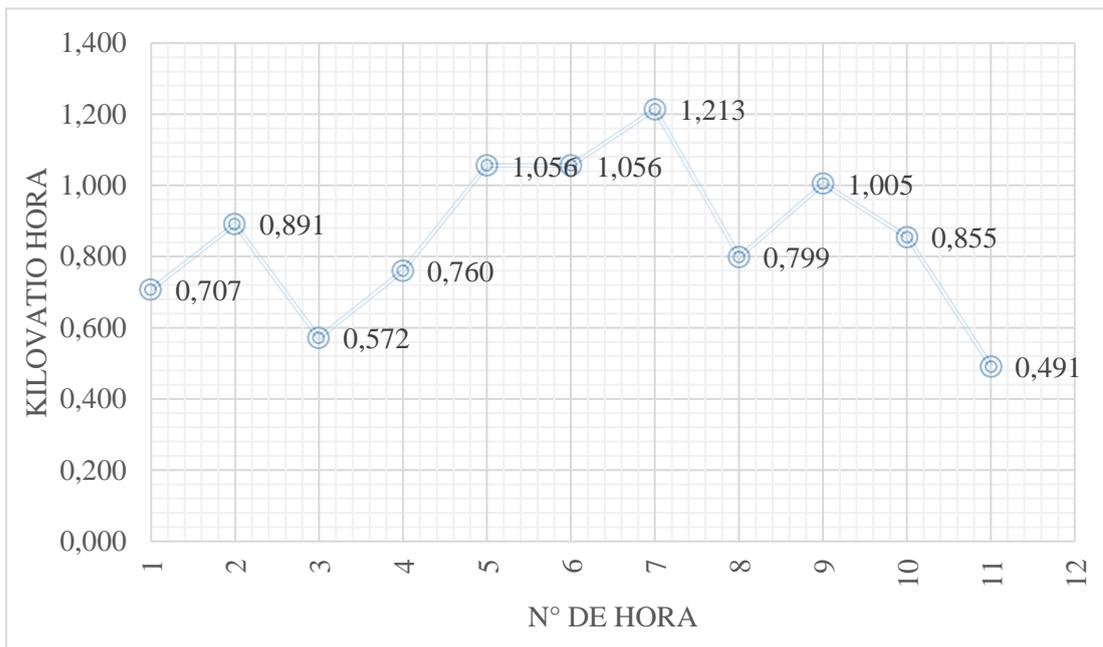
En resumen, los parámetros eléctricos obtenidos se detallan a continuación:

**Tabla 3-6:** Datos finales del consumo de energía

N° /Hora	Intervalo/horas	Consumo de energía (kWh)
1	9-10	0,707
2	10-11	0,891
3	11-12	0,572
4	12-13	0,760
5	13-14	1,056
6	14-15	1,056
7	15-16	1,213
8	16-17	0,799
9	17-18	1,005
10	18-19	0,855
11	19-20	0,491

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

La gráfica de dispersión obtenido establece que la hora de mayor consumo se ejecuta en el lapso de 15h00 a 16h00 con un valor de consumo máximo de 1,213 kWh.



**Ilustración 3-5:** Hora pico de consumo

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.4.2. *Cálculo de energía total necesaria para satisfacer la demanda.*

Para realizar el cálculo se tomará en cuenta un factor de seguridad del 25%, el cual ayudará a satisfacer un posible incremento de la demanda obtenida. La energía consumida al día la se puede observar en la Tabla 3-5.

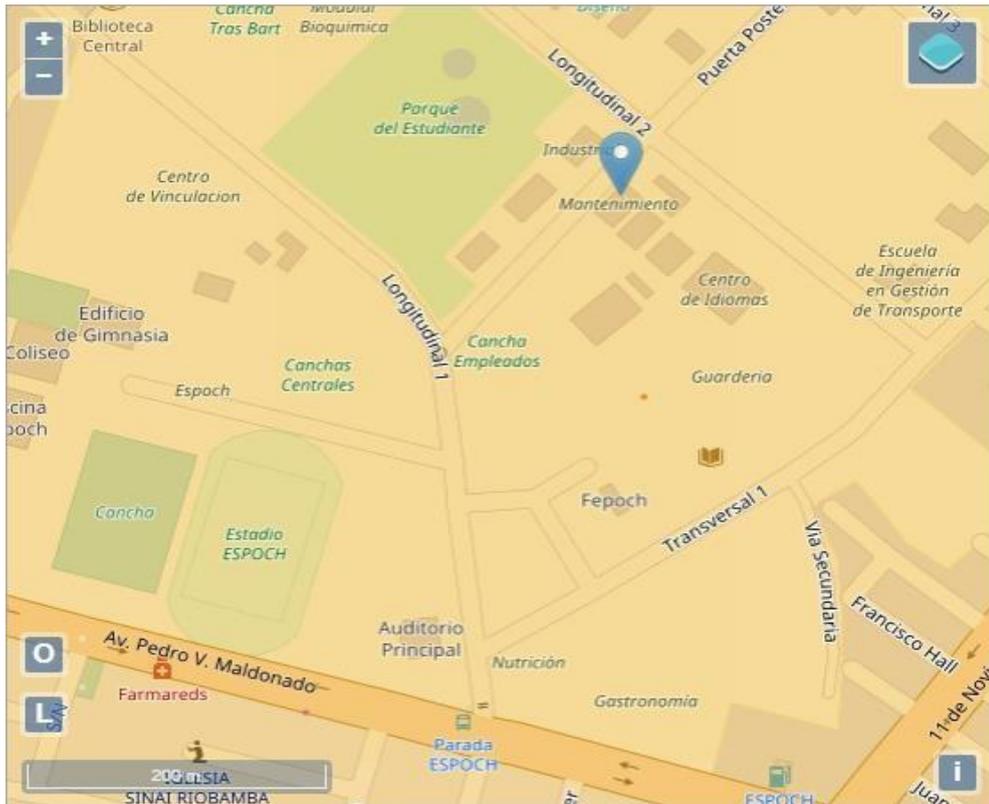
$$\text{Energía total necesaria} = \text{Energía consumida} * 25\% \quad (5)$$

$$\text{Energía total necesaria} = 9,573 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} * 25\%$$

$$\text{Energía total necesaria} = 12,764 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

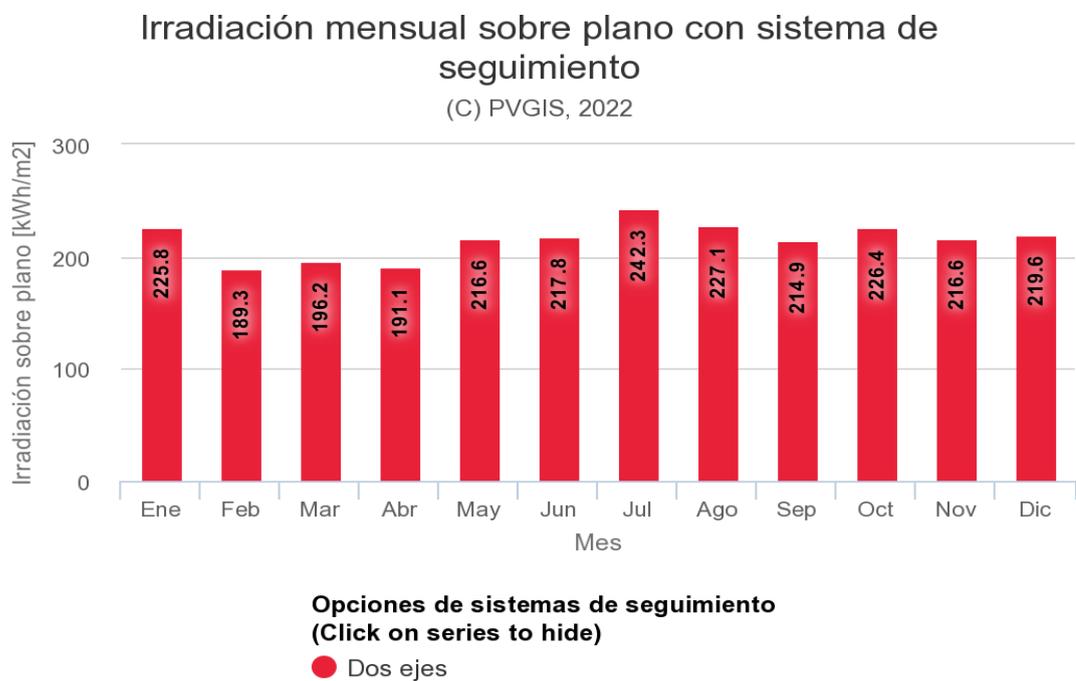
### 3.4.3. *Irradiación mensual en el edificio de la Carrera Mantenimiento Industrial*

Para poder obtener la información sobre los niveles de irradiación existente en el edificio de la carrera Mantenimiento Industrial se tomarán datos obtenidos por la Comisión Europea, específicamente de la base de datos PVGIS-NSRDB, la cual posee información de irradiación solar de todo el mundo.



**Ilustración 3-6:** Ubicación exacta del edificio de la carrera de Mantenimiento Industrial

Fuente: (European Union)



**Ilustración 3-7:** Histograma de irradiación mensual

Fuente: (European Union)

En la Ilustración 3-7 se muestra los datos de irradiación mensual que puede ser aprovechada para la para la generación de electricidad por medio de sistemas fotovoltaicos de dos ejes.

#### 3.4.4. Cálculo de la irradiación solar disponible.

Se debe tomar como referencia el valor de irradiación mensual más desfavorable obtenida, en el caso de estudio es febrero con  $189,3 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$ .

Para obtener la irradiación Solar disponible por día se divide el número de irradiación disponible al mes para el número de días que tiene el mes, en este caso serían 28 días, entonces:

$$\begin{aligned} \text{Irradiación solar disponible al día} &= \frac{\text{Irradiación Solar disponible al mes}}{\text{Número de días del mes}} & (6) \\ &= \frac{189,3 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}}{28 \text{ días}} \\ \text{Irradiación solar disponible al día} &= 6.76 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ día}} \end{aligned}$$

#### 3.4.5. Cálculo de horas Sol pico (HSP)

Las horas Sol pico (HSP) representan las horas en las que tendría que brillar el Sol a una intensidad de  $1 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$  con lo cual se obtiene la insolación total de un día teniendo en cuenta que el Sol varía su intensidad a medida que el día avanza.

$$\begin{aligned} \text{HSP} &= \frac{\text{Irradiación solar disponible al día}}{1 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}} & (7) \\ &= \frac{6.76 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}}{1 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}} = 6.76 \text{ h} \end{aligned}$$

### 3.5. Cálculo de paneles solares necesarios para satisfacer la demanda

El cálculo es realizado para una instalación de uso diario, teniendo en cuenta las pérdidas generadas por el deterioramiento o suciedades que se pueden producir en los módulos durante su vida útil, este valor es de aproximadamente 0,7 – 0,8, además de una potencia pico de paneles de 400 Wp

$$\text{Número de módulos} = \frac{\text{Energía necesaria}}{\text{HSP} * \text{rendimiento de trabajo} * \text{potencia pico del módulo}} \quad (8)$$

$$\text{Número de módulos} = \frac{12764 \frac{\text{Wh}}{\text{día}}}{6.76 \frac{\text{h}}{\text{día}} * 0.8 * 400 \text{ Wp}}$$

$$\text{Número de módulos} = 6$$

### 3.6. Dimensionamiento de batería

Para el dimensionamiento de las baterías debemos tener en cuenta que se trata de una instalación mixta, es decir que el circuito consumidor estará conectado a la red de abastecimiento eléctrico publica y a el sistema seguidor fotovoltaico.

Por esta razón se debe tomar en cuenta el tiempo de autonomía para la batería de 12 horas, sabiendo que la jornada de trabajo dentro del edificio de administración de la carrera de Mantenimiento Industrial es aproximadamente de dicho tiempo, descartando las horas de almuerzo correspondientes a la jornada laboral.

Otro aspecto importante es la profundidad de descarga de la batería, este valor oscila en el intervalo de 0,5 – 0.8, en este caso se tiene un valor de

$$\text{Capacidad de la batería} = \frac{\text{Energía necesaria} * \text{Días de autonomía}}{\text{Voltaje} * \text{Profundidad de descarga de la batería}} \quad (9)$$

$$\text{Capacidad de la batería} = \frac{12764 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} * 0.5 \text{ días}}{12 \text{ V} * 0.8}$$

$$\text{Capacidad de la batería} = 664.79 \text{ Ah}$$

### 3.7. Selección de controlador de carga e inversor CC –CA.

En el caso de estudio, para el dimensionamiento del controlador de carga se debe tomar en cuenta la intensidad máxima de trabajo, en nuestro caso 6 A y el voltaje de 124 V

Por otra parte, se necesita un inversor que convierta 12 Vcc a 124 Vca ya que es el voltaje nominal con el que trabajan todos los equipos tomados en cuenta para los cálculos de consumo de energía dentro de las áreas a ser alimentadas por el sistema seguidor solar fotovoltaico, para el cálculo de la potencia del inversor se debe sumar las potencias nominales de todos los equipos consumidores teniendo en cuenta el coeficiente de simultaneidad que oscila entre el intervalo 0,5 – 0.7, este coeficiente representa la posibilidad de que todos los equipos consuman energía al mismo tiempo.

Para el caso de estudio se toma el valor máximo que es 0,7 ya que se trabaja con las peores condiciones de trabajo.

**Tabla 3-7:** Datos de potencia total estimada

Área	Equipos	Cantidad Existentes	Potencia (W)	Potencia Total (kW)
Dirección de la carrera	Impresora	1,00	6,20	0,0062
	Laptop	1,00	45,50	0,0455
	Teléfono	1,00	0,75	0,0008
	Proyector	1,00	195,00	0,1950
	Lámparas	12,00	32,00	0,3840
Sala de docentes	Computadoras portátiles	2,00	45,05	0,0901
	Balasto	1,00	81,60	0,0816
Secretaria	Copiadora/ Impresora	1,00	1180,00	1,1800
	Televisor	1,00	115,00	0,1150
	Monitor	1,00	16,00	0,0160
	Teléfono	1,00	0,75	0,0008
	Lámparas	6,00	32,00	0,1920
	CPU	1,00	60,00	0,0600
<b>TOTAL</b>		<b>30,00</b>	<b>1809,85</b>	<b>2,37</b>

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Entonces se tiene:

$$\text{Potencia de inversor} = \text{potencia total estimada} * \text{coeficiente de simultaneidad} \quad (10)$$

$$\text{Potencia de inversor} = 2370 \text{ W} * 0.7$$

$$\text{Potencia de inversor} = 1659 \text{ W}$$

### 3.8. Análisis del material a utilizarse en la construcción del soporte.

El material a utilizarse en la construcción del soporte será hierro a continuación se detallan sus características. El hierro es un elemento que se caracteriza por ser magnético, al calentarse pierde su magnetismo; es blando, con brillo metálico y de color gris acerado a negro; su punto de fusión es de 1536°C, el de ebullición de 2740°C y tiene una densidad de 7.8 gr/ml. En estado puro es muy reactivo químicamente y se corroe en condiciones de aire húmedo o a temperaturas elevadas. El metal puro no se encuentra comercialmente, sino que generalmente es aleado con el carbono u otros metales como manganeso, cromo, molibdeno, níquel y vanadio. (Coordinación General de Minería, 2013).

Entre más poroso sea, ofrecerá mayor superficie a la acción de gases para que las reacciones se realicen con mayor rapidez. El hierro tiene una dureza de 490 MPa según la prueba de dureza Brinell. Es blando, maleable y dúctil. Se magnetiza fácilmente a temperatura ordinaria; es difícil magnetizarlo en caliente, y a unos 790 °C desaparecen las propiedades magnéticas. Su masa atómica es 55.847. El metal existe en tres formas alotrópicas distintas: hierro ordinario o hierro (hierro-alfa), hierro gamma y hierro delta. (Coordinación General de Minería, 2013)

Químicamente el hierro es un metal activo. Se combina con los halógenos (flúor, cloro, bromo, yodo y ástato) y con el azufre, fósforo, carbono y silicio. Expuesto al aire húmedo, se corroe formando óxido de hierro hidratado, una sustancia pardo-rojiza, escamosa, conocida comúnmente como orín. (Coordinación General de Minería, 2013)

La formación de orín es un fenómeno electroquímico en el cual las impurezas presentes en el hierro interactúan eléctricamente con el hierro. Se establece una pequeña corriente en la que el agua de la atmósfera proporciona una disolución electrolítica. El agua y los electrolitos Solubles aceleran la reacción. En este proceso, el hierro metálico se descompone y reacciona con el oxígeno del aire para formar el orín. (Coordinación General de Minería, 2013)

La reacción es más rápida en aquellos lugares donde se acumula el orín, y la superficie del metal acaba agujereándose. El hierro “pig iron” es una aleación que contiene cerca de 3 % de carbón con cantidades que varían de sulfuro, silicio, manganeso y fósforo. El hierro es duro, frágil, bastante fusible. El hierro labrado contiene Solamente algunas décimas de carbón, es resistente, maleable, menos fusible, y tiene generalmente una estructura “fibrosa” (Coordinación General de Minería, 2013)

**Tabla 3-8:** Tabla resumen de propiedades del Hierro

<b>Elemento</b>	<b>Hierro</b>
Resistencia a la tracción	540 MPa
Límite de elasticidad	50 MPa
Módulo de elasticidad de Young	211 GPa
Módulo de elasticidad de corte	82 GPa
Módulo de elasticidad a granel	170 GPa
Escala de Mohs	4,5
Dureza Brinell	490 MPa
Dureza Vickers	608 MPa

Fuente: (Nuclear Power, 2022)

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.9. Construcción del seguidor solar

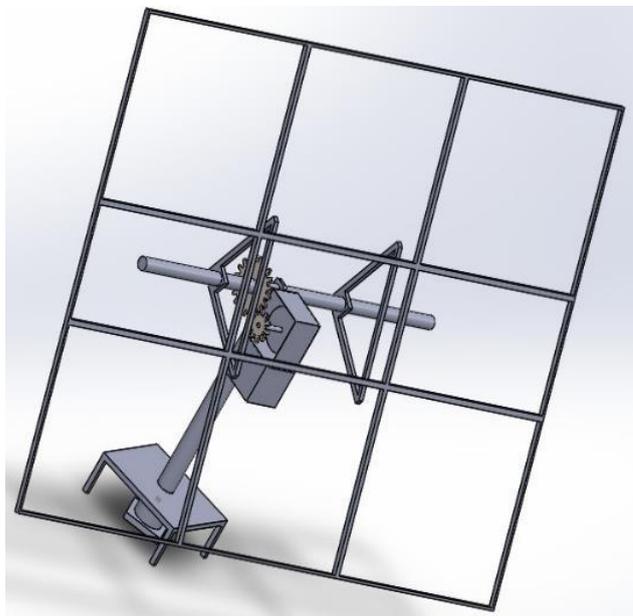
El modelo del seguidor solar es de dos ejes, es decir su construcción es para seguir al sol tanto en azimut como en elevación, el propósito es obtener una directa detección de radiación solar con el fin de generar y obtener una máxima potencia. El termino dos ejes toma referencia a que se implementan dos ejes de giro: uno vertical o azimutal y otro horizontal que es de inclinación.

#### 3.9.1. Modelado del diseño

Como se menciona en el literal anterior la estructura será construida de hierro, ya que, al ser el tercer elemento más abundante en la tierra, tiene un costo bajo de comparación de los demás elementos metálicos existentes.

Para el modelado de la estructura después de investigar varios modelos con diferentes sistemas de transmisión y automatización se procede a desarrollar el modelo de la Ilustración 3-5, este modelo se realiza en SOLID WORKS que es un programa de diseño, ensamblaje y simulación de piezas mecánicas o planos por computadora

A continuación, se muestra el diseño estructural del soporte para los paneles fotovoltaicos:

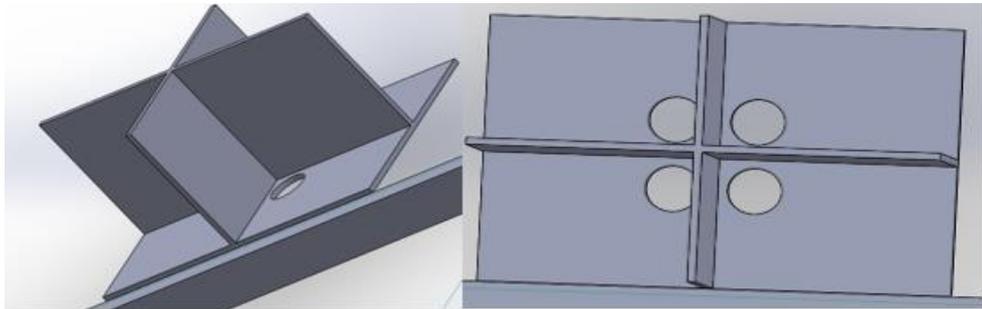


**Ilustración 3-8:** Diseño de la estructura en SolidWorks.

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.9.2. Sistema de sombras

Este sistema controla que la base porta panel solar se posicione siempre de manera perpendicular a los rayos del sol, el diseño hace que según la posición del sol durante el día las paredes de la Ilustración 3-9 generen sombras sobre “ciertas fotorresistencias mientras que otras permanecen iluminadas dando una diferencia de caída de voltaje entre ellas” (Montalvo, 201, p.36), se adopta esta diferencia como error que será corregido por control discreto, “hasta que todas las fotorresistencias estén iluminadas de igual manera, momento en que el error será cero y la base porta panel solar estará dirigida de forma perpendicular a los rayos del sol” (Montalvo, 2017, p.37)

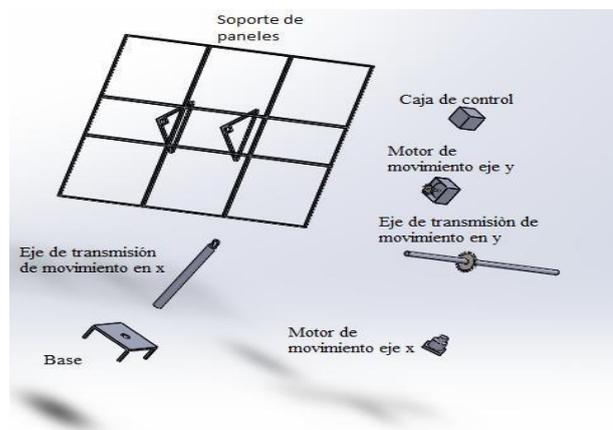


**Ilustración 3-9:** Sistema de sombras

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.9.3. Despiece de la estructura.

En este literal veremos las piezas que se construirán y adquirirán para ser parte de la estructura que será la encargada de realizar la parte mecánica del movimiento tanto en el eje X como en el eje Y.



**Ilustración 3-10:** Despiece de estructura

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.9.4. *Proceso de construcción.*

#### 3.9.4.1. *Construcción de la base para el panel solar.*



**Ilustración 3-11:** Construcción de la base para el panel solar

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

El panel solar tiene las dimensiones de 54 x 52 cm forma rectangular, se considera 0.5 cm a cada lado como juego para su montaje, es decir se construye la base de 54,5 y 52,5 cm en alucubond de 2mm (espesor), esta base está montada en los triángulos de soporte mediante tornillos autoperforantes y consta también de un agujero de forma triangular de 10x10 cm para alojar a la batería y cableado del panel solar.

#### 3.9.4.2. *Construcción de los triángulos de soporte*



**Ilustración 3-12:** Construcción del triángulo de soporte

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Estos triángulos rectángulos soportarán la base del panel solar, el tipo de material es tubo cuadrado de 1 in por 2 mm de espesor, las dimensiones son de 30 x 30 x 44 cm, cada uno llevan anexados dos patas de 10 cm para aumentar la distancia entre el plato con el sistema de transmisión y evitar choques, para el montaje se construye dos bases cuadradas ubicadas en el ángulo de 90°, tienen un agujero de diámetro de 7 cm por donde pasa el eje horizontal que se une a estas mediante el proceso de soldadura por arco eléctrico aplicando electrodos AGA E6011

#### 3.9.4.3. Construcción de la base de soporte principal

Esta base tiene como fin sostener a toda la estructura, además tiene soldado 4 patas de 20 cm de longitud para empotrarse al piso si es necesario, lleva en su centro anexado un rodamiento que aloja al tubo vertical de  $\frac{11}{4}$  in de diámetro y 3mm de espesor, está hecha de la unión de dos platinas de 15 cm de ancho por 30 cm de longitud con un espesor de 3 mm, entonces la medida de la misma es de 30 x30 cm forma cuadrada, al igual se aplica el mismo proceso de unión y acabado de las bases anteriores.



**Ilustración 3-13:** Construcción de la base principal

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

#### 3.9.4.4. Construcción del eje vertical

Para la elaboración del eje vertical se utiliza un tubo de  $\frac{11}{4}$  in de diámetro con un espesor de 3mm, la longitud es de 60 cm, cumple la función de soportar el sistema de giro en elevación y girar todo el sistema en azimut, va alojado en el mismo el motor Nema bipolar junto con el

sistema de transmisión por engranes en la parte superior y en la base un motor NEMA 23, este va montado mediante un rodamiento de bolas NTN de  $1\frac{11}{4}$  in que esta soldado a la base de soporte anterior descrita.



**Ilustración 3-14:** Construcción de la base principal

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

#### 3.9.4.5. *Construcción del eje horizontal.*

Este eje es de tubo de acero de  $\frac{11}{4}$  in con un espesor de 3mm, una longitud de 50 cm, su función es realizar el movimiento de elevación del panel solar, en él se aloja un engranaje, los triángulos de soporte y está montado entre 2 rodamientos NTN de  $1\frac{11}{4}$  in, ubicado en el eje vertical el primero y el segundo en la base del sistema de transmisión superior.



**Ilustración 3-15:** Eje horizontal

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

#### 3.9.4.6. Soporte para los motores

Para el motor secundario estos soportes están hechos de tubo cuadrado de 1 in por 2 mm de espesor, longitud de 15 cm y como base dos piezas de perfil en ángulo de 1 in x 2 mm con longitud de 30 cm, también consta de tres orejas de platina perforadas que permiten montar el sistema de transmisión secundario mediante pernos, este conjunto va alojado debajo de la base principal.



**Ilustración 3-16:** Soporte para el motor secundario

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Para el motor primario se utiliza una plancha de acero de 17 x 30 cm por 3mm de espesor, que va a alojar tanto el motor como las chumaceras donde se monta el tornillo sin fin y el rodamiento secundario de soporte para el eje horizontal.



**Ilustración 3-17:** Soporte para el motor primario.

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

#### 3.9.4.7. Sistema de sombras

Para la construcción de este sistema se utiliza 2 piezas de perfil en ángulo de 1 in x 2 mm con longitud de 8 cm unidos en sus bordes angulares de espaldas, también una pieza cuadrada de 2mm de espesor con dimensiones de 6 x 6 cm como base, ésta al ser unida con los ángulos forma

4 cuadrantes que llevan una perforación de 6 mm de diámetro en cada uno, lugar donde se alojan las fotorresistencias.

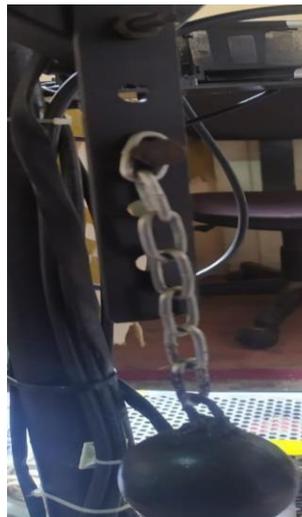


**Ilustración 3-18:** Construcción del sistema de sombras

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

#### 3.9.4.8. *Contrapesos*

El sistema mecánico superior que soporta el panel solar en conjunto con el panel solar al girar se posiciona cerca de formar un ángulo de  $90^\circ$  con el piso, por lo que el esfuerzo para elevar todo este peso por el sistema de transmisión superior es muy elevado, para contrarrestar este efecto se monta un sistema compuesto por dos platinas de 1in x 20 cm de longitud con espesor de 3mm perforadas cada 5cm, en estos agujeros mediante pernos se sujeta pesas de 2lbs a cada lado así como se muestra en la Ilustración 16-3.



**Ilustración 3-19:** Contrapesos

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### **3.10. Sistema mecánico de transmisión de movimiento.**

#### **3.10.1. Motores**

El sistema de transmisión está basado en la utilización de 2 motores paso a paso, estos nos permiten tener una precisión de movimiento de 10 ms, controlar y transformar señales digitales en pulsos de movimiento mecánico, tienen la sobre ventaja de presentar un alto torque y firmeza con respecto a los motores DC o servomotores lo que conlleva a no implementar mecanismos de freno y evitar vibraciones

#### **Características Motor NEMA 57HD6013-03**

- Altura del Motor 76mm
- Longitud del cable: 80cm
- Numero de Fases: 2
- Angulo por Paso: 1.8°
- Voltaje Nominal 24VDC
- Corriente: 3A
- Torque: 1.8Nm
- Resistencia por Fase: 2.2 Ohm
- Inercia del motor: 480g/cm<sup>2</sup>



**Ilustración 3-20:** Motores Nema 23

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

#### **3.10.2. Sistema de movimiento superior.**

El soporte de la base para el panel solar tiende a caer debido al peso tanto del mismo soporte como del panel, por lo que un sistema de dos engranajes de dientes paralelos no es adecuado

para este sistema, dicho esto el sistema instalado consta de un tornillo sin fin y un engranaje de 42 dientes para obtener mayor torque en el motor, un bloqueo tipo final de carrera evitando así el cabeceo de la base del panel solar al momento de no estar energizado el motor.

El tornillo sin fue torneado según las especificaciones y el paso del engranaje en un eje de acero de 1 in, longitud de 14 cm y una sola entrada.



**Ilustración 3-21:** Tornillo si fin.

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

El tornillo sin fin está montado sobre dos chumaceras P204, de características como 20 mm de diámetro interno, rodamiento de bolas, pines de engrase y fijadas por medio de conjuntos pernos-arandelas-tuercas a la base de acero logrando así acoplarse el tornillo de manera precisa con el engranaje del eje horizontal del sistema.



**Ilustración 3-22:** Sistema tornillo sin fin – piñón

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### **3.10.3. Sistema de movimiento inferior.**

Tomando en cuenta el torque estático máximo del motor NEMA 23 que es de 1.8 Nm es decir 15,93 libras- pulgada y el peso del conjunto superior con todos sus elementos es verídico decir

que el peso total es superior que el torque que soporta el motor, entonces es necesario implementar un reductor mecánico para aumentar el torque máximo del motor igual al que se implementó en el sistema anterior, este sistema consta de una corona de 40 dientes y un tornillo sin fin acoplado al eje del motor con una relación de transmisión de 1:40, teniendo la ventaja de aumentar el torque máximo en 40 veces logrando no sobrecargar ni afectar al motor



**Ilustración 3-23:** Reductor mecánico

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

#### **3.10.4. Buje -prisionero**

El sistema de fijación de los motores 1 y 2 tanto con el tornillo sin para el sistema superior como para el eje vertical del sistema inferior se realiza mediante un buje-prisionero, este sistema permite desmontar el motor 1 y el reductor mecánico si es necesario, para el motor 2 con la caja reductora se aplica el mismo método.



**Ilustración 3-24:** Sistema buje-prisionero

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.10.5. *Ensamblado*

El ensamblado se realiza mediante la utilización de pernos, tuercas, arandelas, abrazaderas y el proceso de soldadura por arco eléctrico, se utiliza electrodos AWS E 6011 que son utilizados para unir aceros al carbono, para todo este proceso se utiliza los EPPS correspondientes. con la ayuda de pinzas de presión y entenalla para sujeciones, etc.

El cordón de soldadura o puntos de soldadura se las debe realizar de manera uniforme para evitar agrietamientos en el material, dentro del proceso se recomienda primero la fijación de las piezas a unir mediante putos de suelda y una vez verificado que la posición de cada una es según el modelado del diseño proceder a realizar el proceso que comúnmente se lo conoce como rematado.



**Ilustración 3-25.** Proceso de ensamblado de las piezas

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.11. Sistema de control electrónico.

El sistema electrónico se ejecuta mediante un programa creado en el software LabVIEW que controla el seguimiento solar a través de un sistema de conexión de varios elementos distribuidos en componentes de generación fotovoltaica, componentes de control, placa electrónica, componentes de potencia y alimentación.

#### 3.11.1. Componentes de generación fotovoltaica.

##### 3.11.1.1. Panel solar monocristalino



**Ilustración 3-26:** Panel solar IKAO

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

El panel solar para implementar es de la marca IKAO de 40 W-1605250194 GERMANY TECHNOLOGY, dentro de la tabla siguiente se detallan sus características:

**Tabla 3-9:** Características del panel solar.

Parámetros	Símbolo	Valores
Potencia máxima	Pmax	40w
Corriente de potencia máxima	Imp	2.22A
voltaje de potencia máxima	vmp	18 V
Voltaje de circuito abierto	voc	22V
Intensidad de corto circuito	Isc	2.5A
Voltaje máximo del sistema	-	1000V
Material	-	Policristalino
Dimensión	cm	54*52*2

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.11.1.2. Inversor



**Ilustración 3-27:** Inversor 12/24 V

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

El inversor para implementar tiene un voltaje de entrada de 10,5-15 V en corriente continua, requisito necesario debido a que la batería trabaja bajo un voltaje de 12 V, en la tabla 10-3 se representa sus parámetros técnicos.

**Tabla 3-10:** Características del inversor

Parámetros	Símbolo	Valores
Potencia máxima	Pmax	1000w
Corriente de salida	Amp	9,10/4,55 A
voltaje de entrada	Vin	12/24 V
Voltaje de salida	Vout	100-115 /220-240 V
Frecuencia	Hz	60 Hz
Eficiencia	-	80%

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.11.2. Componentes de control

#### 3.11.2.1. Sistema NI myRIO

Las especificaciones técnicas que nuestro sistema requiere son las variables de entrada y salida que se va a controlar, es decir, cada motor tiene 4 líneas de salida para su control automático, las 4 fotorresistencias para adquirir niveles de radiación entonces se determinan que es necesario contar con un sistema que brinde 8 puertos de salida digitales, mínimo 5 puertos de entrada analógicas, el tiempo de adquisición de datos y la capacidad de almacenamiento de estos.

El sistema de NI myRIO cumple nuestros requerimientos ya que es una tarjeta de adquisición de datos y su posterior procesamiento en tiempo real permite aprender y desarrollar actividades de automatización, control investigación mecatrónica y diseño de proyectos, se especifican sus características técnicas en el ANEXO D.



**Ilustración 3-28:** Sistema NI myRIO

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

#### 3.11.2.2. Fotorresistencias

Dentro de la familia de sensores fotoeléctricos existen los fototransistores, fotodiodos y las fotorresistencias que detectan y transforman a señales eléctricas la variación de luminosidad, dentro de las características necesarias para el seguimiento del panel según la luminosidad solar una de las principales a evaluar es el diámetro que poseen para abarcar la máxima radiación solar posible, teniendo así: los fototransistores 4mm, las fotorresistencias 11mm y los fotodiodos 8,13mm de diámetro cada uno, dado este dato es necesario la implementación de fotorresistencias con el fin de mejorar la eficiencia de control del sistema.



**Ilustración 3-29:** Fotorresistencias

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

La posición del panel está dada por 4 fotorresistencias instaladas en el sistema de sombras, Ilustración 3-29. Su función es captar de luz solar durante día, enviar las señales eléctricas a la myRIO que mediante ecuaciones lineales dentro del programa LabVIEW determine el movimiento en sentido y posición de los motores paso a paso.

### 3.11.2.3. Sensor de intensidad de luz.

Son sensores que nos permiten medir la cantidad de luminosidad de luz en este caso del sol, considerando el voltaje que nos proporciona la tarjeta de adquisición datos el sensor a implementar es el 12c Bh1750, tabla 3-11.

**Tabla 3-11:** Características del sensor de intensidad de luz 12c Bh1750.

Sensor de intensidad de luz 12c Bh1750	Parámetros	Símbolo	Valor
	Modelo	-	GY-30
	Voltaje mínimo de entrada	Vin Dc	3,3V
	Voltaje máximo de entrada	Vout Dc	5 V
	Rango de luz	lx	0-65535
	Voltaje de funcionamiento	V	5V
	Precisión	-	alta

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D.2023

Los dos sensores envían los datos de luminosidad del día directo a la myRIO para almacenarlos en una tabla de Excel, estratégicamente un sensor está montado en la bandeja porta panel(móvil) y el otro en el lugar estático con el fin de comparar los datos obtenido.

### 3.11.3. Placa electrónica

Durante el proceso de pruebas, los motores junto con el movimiento mismo del seguidor producen una vibración que provoca la desconexión de los cables ponchados de los myRIO Expansion Port (MXP) Breakout, como solución a este problema es la construcción de una placa electrónica, la misma que está diseñada en el programa Proteus, su impresión es en baquelita, el circuito de la placa electrónica aloja todas bases de conexión hembra necesarias para los componentes externos del seguidor como : sensores, fotorresistencias, motores, y los drives.



**Ilustración 3-30:** Placa electrónica

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Esta placa electrónica también cuenta con puerto de conexión para un bus de datos de 34 pines que es el medio de comunicación con la tarjeta NI-myRIO, este método nos permite tener la recepción y envío de datos de control de una forma precisa y directa.

### 3.11.4. Componentes de potencia y alimentación

#### 3.11.4.1. Controladores para motor paso a paso HY-DIV268N-5A

**Tabla 3-12:** Características controlador HY-DIV268N-5A.

HY-DIV268N-5A	Parámetro	Símbolo	Valor
	Voltaje de alimentación	Vdc	9 a 42 V
	Corriente de entrada	Min-Max	1-5A
	Salida de corriente	Ajustable	0.5 a 3.5A
	Señales de control	V	3.3 a 24
	Potencia máxima	W	160
	Micro Step	-	1, 2/A, 2/B, 4, 8, 16, 32
	Dimensiones	mm	96x56x33
	micro pasos ajustables	-	7
	Disipador de calor de área grande	-	-

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D.2023

Según los datos obtenidos en el datasheet ANEXO C, los motores 1 y 2 tienen una corriente de 3A, dicho esto, se implementa dos controladores basados en el chip TB6600 es decir uno por

motor, estos controladores específicamente son para motores paso a paso bipolares con voltajes de 12V a 48V en DC, una corriente máxima de 5A, el control esta dado por los mandos PUL y DIR, en PUL un paso del motor equivale a un pulso en su entrada y en DIR se controla el sentido de giro, la sobre dimensión es específicamente para soportar los altos y bajos niveles de corriente que estos motores puedan presentar y sobreponernos a un posible cortocircuito.

### 3.11.4.2. Fuente conmutada 24VDC 5A S-120-24

Las fuentes conmutadas con dispositivos que transforman la corriente alterna de una red eléctrica en corriente continua mediante un rectificador, dado los datos de voltaje 24V DC, corriente de 3A tanto en los motores NEMA 23 y controladores, es necesario la implementación de un convertidor de corriente modelo 24VDC 5A S-120-24, el mismo que presenta las características presentadas en la tabla 3-13.

**Tabla 3-13:** Fuente conmutada 24 VDC

24VDC 5A S-120-24	Parámetros	Símbolo	Valor
	Potencia de salida	W	120
	Corriente de entrada	A	20A
	Voltaje de entrada	V	120V
	Voltaje de salida	V	24V
	Corriente de salida máxima	A	5A
	Dimensiones	mm	16,6x4,7x14.1
	Sobrecarga /sobretensiones	%	105-200%/115135 %

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D.2023

## 3.12. Diagramas instalación eléctrica y electrónica.

### 3.12.1. Circuito de potencia

Según las especificaciones de la Data Sheet, ANEXO C, cada motor tiene dos pares de hilos, un par por cada bobina de calibre AWG 26 de distintos colores, con un multímetro se mide la continuidad obteniendo los datos de la tabla 3-14, en el controlador se “puede configurar su micro paso y corriente de salida con 6 interruptores DIP. Hay 7 tipos de micro pasos (1, 2/A, 2/B, 4,8, 16,32) y 8 tipos de control de corriente (0.5A, 1A, 1.5A, 2A, 25A, 2.84, 3.0A, 3.5A). (Bulkman3d, 2021, p.2), en la tabla 3-15 se establece la configuración para cada controlador..

**Tabla 3-14:** Par de hilos según el color de los motores paso a paso

Motor1			Motor 2		
Designación	Color	Bobina	Designación	Color	Bobina
A	amarillo	Bobina 1	A	negro	Bobina 1
A'	azul		A'	verde	
B	verde	Bobina 2	B	rojo	Bobina 2
B'	rojo		B'	azul	

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

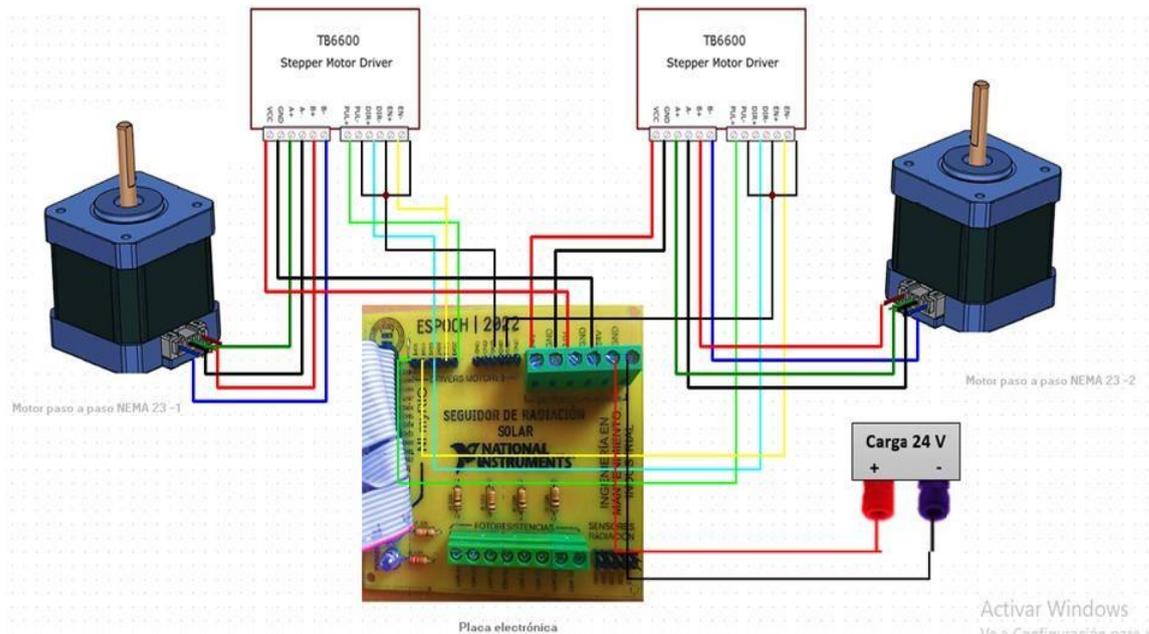
**Tabla 3-15:** Configuración de los controladores

Parámetros	Corriente			Valor	Pasos			Valor
	SW1	SW2	SW3		SW4	SW5	SW6	
Controlador 1	off	off	off	5A	off	on	on	1 p/pulso
Controlador 2	off	off	off	5A	off	on	on	1p/pulso



Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

La conexión del circuito de potencia está conformada por los motores paso a paso, los controladores, la placa electrónica y la fuente de voltaje, el cableado se realiza según el diagrama del circuito mostrado en la ilustración 3-31, el tipo de cable es AWG 26 con terminales macho-macho con longitud de 20 cm para conectar los drivers con la placa electrónica mientras que para los motores se utiliza cable concéntrico de 4 hilos del mismo calibre de los motores además se utiliza protectores de plástico y fijadores adhesivos para sujetar los mismos.

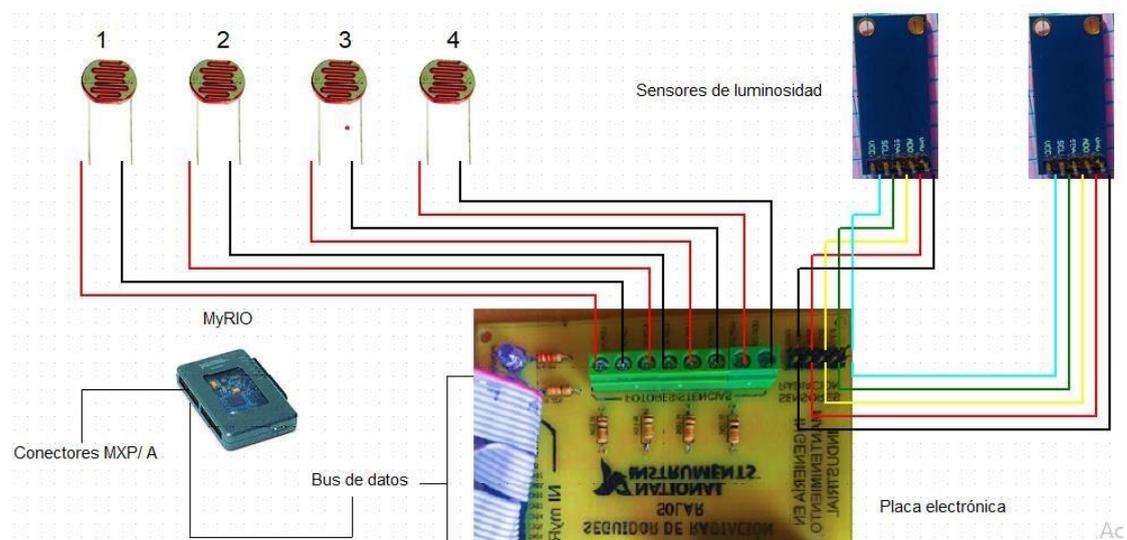


**Ilustración 3-31:** Conexiones del circuito de potencia del seguidor solar

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.12.2. Circuito de control

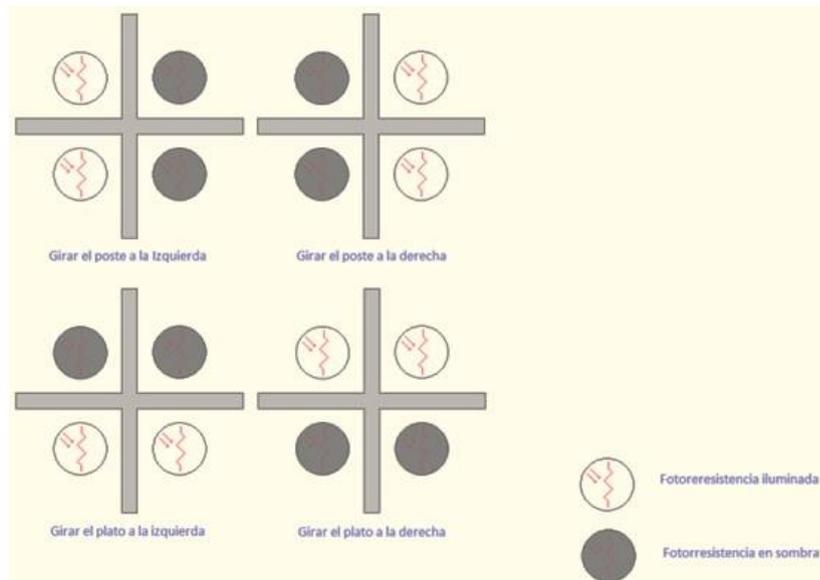
La tarjeta de adquisición de datos myRIO tiene puertos MXP A/B, estos puertos nos brindan la ventaja de utilizar un bus de datos para la intercomunicación con la placa electrónica, tanto los sensores de luminosidad y las fotorresistencias están conectados según el diseño de la ilustración 3-32, la utilización de cable concéntrico AWG 26, 8 borneras, cables macho-hembra para las fotorresistencias y alambre de timbre para los sensores se suman a este circuito de conexión.



**Ilustración 3-32:** Conexión del circuito de control

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Para las fotorresistencias es necesario implementar un circuito divisor de voltaje con una resistencia de 1K independientemente, “las diferencias de iluminación de las fotorresistencias provocan una variación en su resistencia y si estas están conectadas en un divisor de tensión (medio puente) voltaje obtenemos diferentes caídas de voltaje” (Montalvo Jaramillo, 2017, p.39)



**Ilustración 3-33:** Acción de sentido de giros de los motores paso a paso

Fuente: Montalvo Jaramillo, 2017

### 3.12.2.1. Acondicionamiento de señales

Es necesario acondicionar las señales de las fotorresistencias debido a un error producto de la resta de las caídas de voltaje entre las mismas, para este proceso medimos la caída de voltaje de las 4 fotorresistencias sin ningún destello de luz las definimos con el valor de cero y de igual forma con la máxima luz posible y las definimos con el valor de diez a cada una obteniendo los datos de la Tabla 3-16.

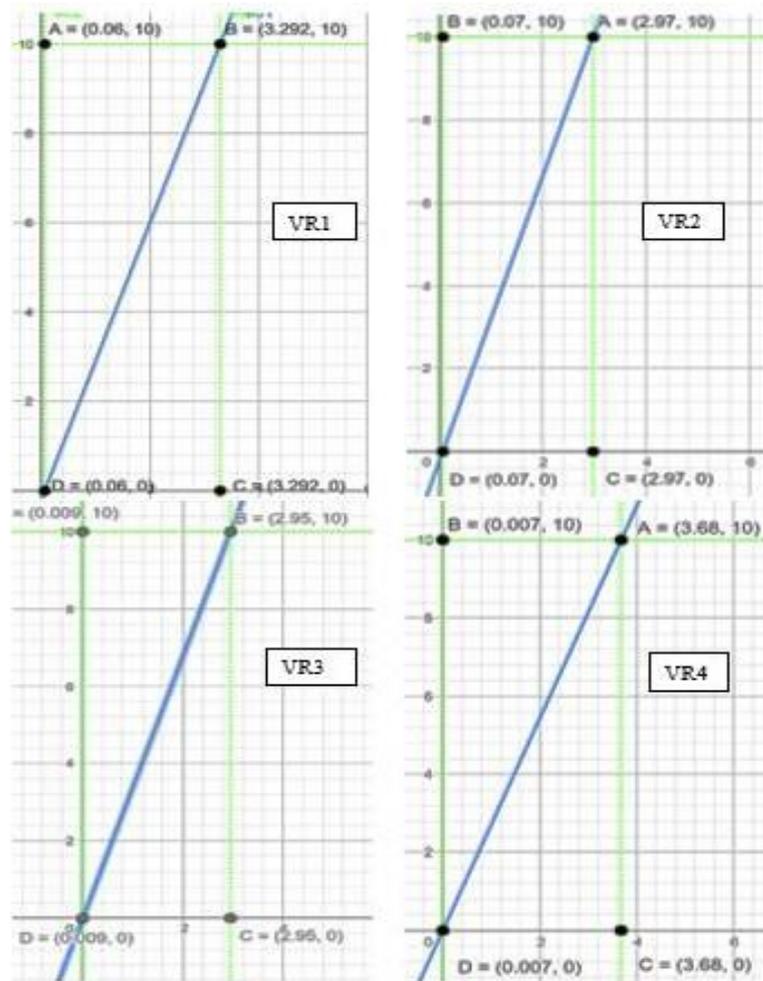
**Tabla 3-16:** Valores de las fotorresistencias obtenidas.

Fotorresistencias	Datos sin luz	Valor de salida	Datos con luz	Valor de salida
<b>Vfotoresis.1</b>	0,06	0	3,292	10
<b>Vfotoresis.2</b>	0,07	0	2,970	10
<b>Vfotoresis.3</b>	0,009	0	2,950	10
<b>Vfotoresis.4</b>	0,007	0	3,680	10

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

En un plano cartesiano se ubica los puntos de cada fotorresistencia dando como resultado las rectas mostradas en la ilustración 3-34, aplicando la ecuación del pendiente dado dos puntos y la ecuación de la recta dado la pendiente obtenemos las ecuaciones de las resistencias R1, R2, R3 y R4.

$$\text{Ecuación de la pendiente (m)} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (11)$$



**Ilustración 3-34:** Rectas obtenidas de las fotorresistencias

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Para la recta de VR1 según el gráfico 1-3, dado los puntos (0,06;0) y (3,292;10) según la ecuación (11), el valor de la pendiente ( $m_1$ ) es:

$$m_1 = \frac{10-0}{3,292-0,06} = 3,09405$$

Para b, cuando  $y = 0$ ,  $m = 3,09405$  y  $x = 0,06$ , según la ecuación de la recta (12) es:

$$\begin{aligned}y &= mx + b & (12) \\0 &= (3,09405)(0,06)+b \\b &= -0,185643\end{aligned}$$

Dado  $b = -0,185643$  en (12) tenemos:

$$\mathbf{R1 = y = 3,09405 x - 0,185643}$$

Siguiendo el mismo procedimiento, pero con los valores dados en las gráficas de VR2, VR3, VR4 obtenemos las ecuaciones para R2, R3 y R4 que se muestran a continuación:

Para VR2:

$$\begin{aligned}m_2 &= 3,44827 \\b &= 0,24137 \\ \mathbf{R2 = y = 3,44827x - 0,24137}\end{aligned}$$

Para VR3:

$$\begin{aligned}m_3 &= 3,40020 \\b &= -0,030601 \\ \mathbf{R3 = y = 3,40020x - 0,030601}\end{aligned}$$

Para VR4

$$\begin{aligned}m_4 &= 2,72257 \\b &= -0,01905 \\ \mathbf{R4 = y = 2,72257x - 0,01905}\end{aligned}$$

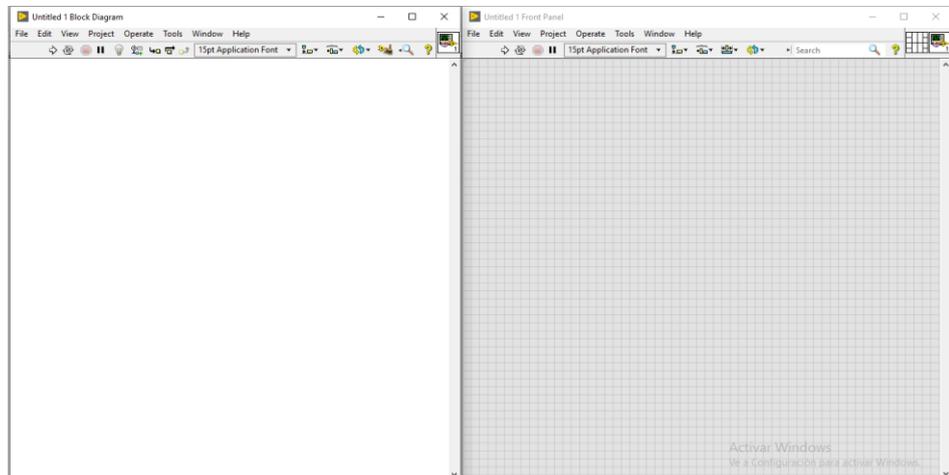
Las ecuaciones encontradas son ingresadas en el programa de control en LabVIEW.

### **3.13. Programa de control**

El programa de control se realiza en el software LabVIEW, medio por el cual se puede comandar los distintos parámetros de control del sistema.

En esta etapa se hace uso de las diferentes librerías juntos con los Diagramas de Bloque de este software en varios VIs, para iniciar se crea un Nuevo Instrumento Virtual con un clic en el comando "File" ubicado en el apartado superior izquierdo al ejecutar por primera vez el

programa. Seguido se abren dos ventanas siendo la primera el “Panel frontal en donde se incorporan los instrumentos virtuales y la segunda es el Diagrama de Bloques en la que se realiza la comunicación entre los instrumentos virtuales según el tipo de programación que se desea desarrollar” (Romero Cangas, 2021, p.42)



**Ilustración 3-35:** Diagrama de bloques (izquierda)-Panel Frontal(derecha) en LabVIEW

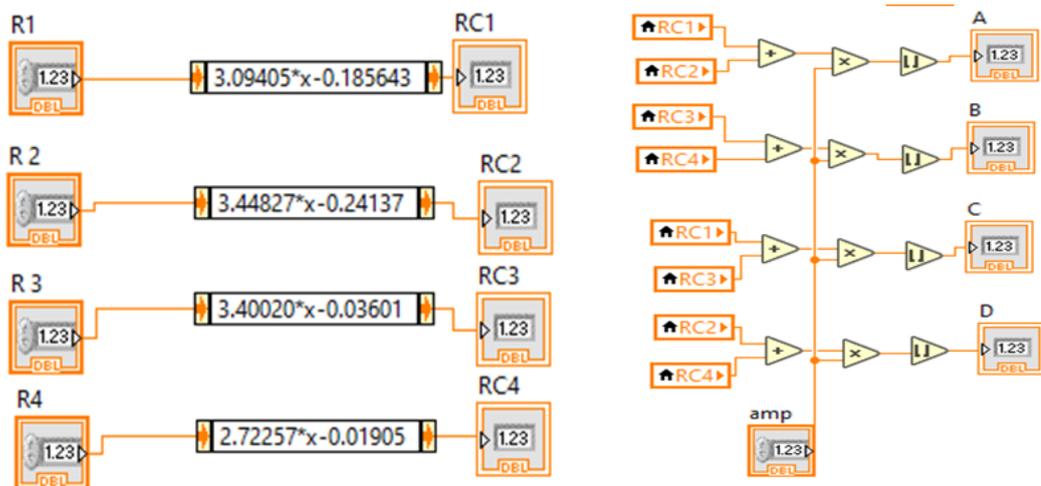
**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

El programa está formado por diferentes subprogramas que en conjunto son el programa principal de control para el seguidor solar.

### ***3.13.1. Adquisición de señales de las fotorresistencias***

En un instrumento virtual se desarrolla las ecuaciones de acondicionamiento de señales obtenidas al final del apartado 3.12.2.1.

En el panel frontal con clic derecho sobre el mismo en la paleta “Funtions” en el apartado “Numeric” seleccionamos la opción “Numeric Control” y creamos los comandos R1, R2, R3 y R4 que muestran las señales obtenidas de las fotorresistencias, en el diagrama de bloques dentro del menú de “ Structures” tenemos el comando “Expresion Node” donde se ingresa las ecuaciones antes mencionadas y finalmente en el panel frontal creamos 4 comandos “ Numeric Indicator” denominados RC1, RC2, RC3 y RC4 que muestran los valores de voltaje finalmente acondicionadas en cada fotorresistencia. De forma secundaria se crea un controlador con el fin de reducir la amplitud de variación en las señales evitando el excesivo movimiento de panel solar.

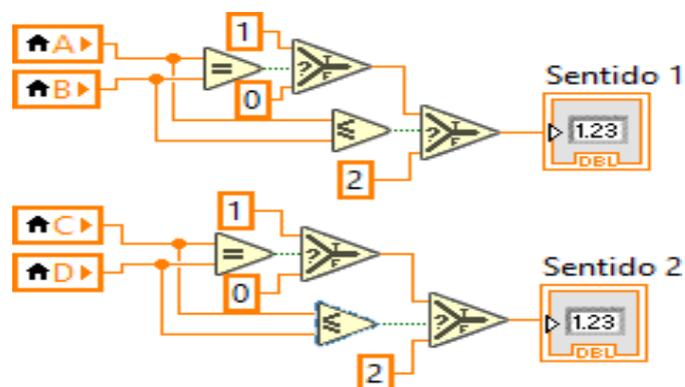


**Ilustración 3-36:** Ecuaciones de acondicionamiento de señales en LabVIEW

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Para establecer el sentido de giro tanto en rotación y elevación del panel solar se establece una relación de comparación entre los valores de A (RC1) con B (RC2) para el sentido 1 mediante los comandos:

- “Equal”: que otorga un VERDADERO si A es igual a B o un FALSO si es lo contrario.
- “Less or Equal”: que otorga un VERDADERO si A es menor o igual que B y un FALSO si es lo contrario.
- “Select”: que elige un VERDADERO o un FALSO dependiendo del valor de entrada que se le proporcione.

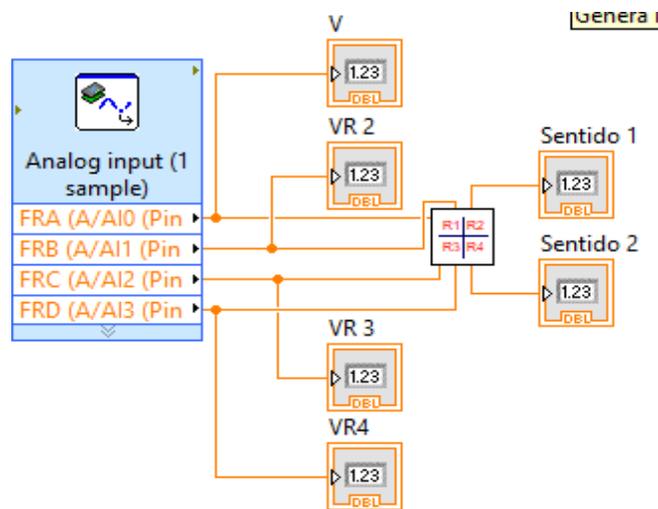


**Ilustración 3-37:** Generación del sentido de giro para el seguidor solar

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Para el sentido 2 se compara los valores de C(RC3) con D (RC4), utilizando los comandos antes descritos como se muestra en la ilustración 3-37. Finalmente, todo este conjunto de diagramas es guardados en un subVI que se lo implementará más adelante.

Las fotorresistencias nos emiten señales de tipo analógicas, entonces, es primordial establecer la comunicación con el programa de control mediante la tarjeta de datos, después de crear un nuevo Instrumento Virtual, en el diagrama de bloque al dar clic derecho en su interior se muestra la paleta de funciones, buscamos el menú “myRIO” que es la última opción al deslizar la barra de desplazamiento de este menú y seleccionamos el icono de “Analog In”, esta herramienta lee canales analógicos dentro del programa, dicho esto le asignamos 4 canales denominados FRA, FRB, FRC y FRD que corresponden a cada fotorresistencia.



**Ilustración 3-38:** Adquiere las señales de las fotorresistencias

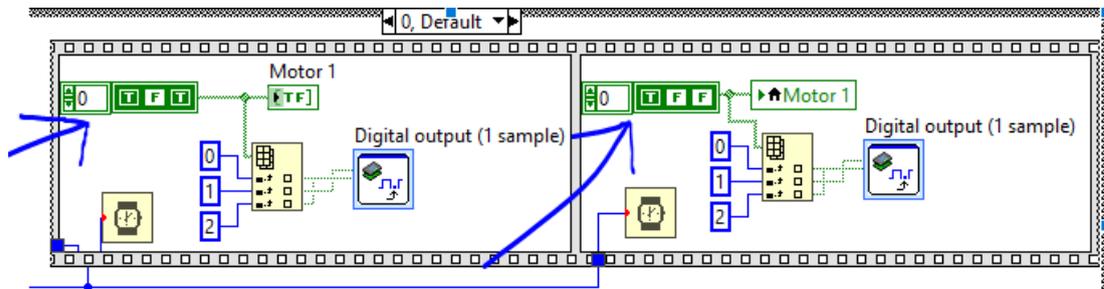
Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Mientras que, en el panel frontal, con clic derecho sobre el mismo en la paleta “Funtions” en el apartado “Numeric” se crea cuatro “Numeric Control” denominados VR1, VR2, VR3 Y VR4 que muestran la variación señales de voltaje emitidas por las fotorresistencias durante cada instante del día, se enlazan al subVI creando en el apartado anterior y a dos “Numeric Indicator” para mostrar el sentido de giro del seguidor. Ilustración 3-38.

### 3.13.2. Generación de pulsos y giro de los motores

En los motores paso a paso la velocidad de giro del eje y posición se controla mediante la generación de pulsos, dado que los motores 1 y 2 poseen las mismas características el esquema de control es el mismo, dicho esto, en un instrumento virtual de LabVIEW dentro de una

estructura “Case Structure” están los casos True para cuando los mores desarrollan su función, False para retroceder al punto de inicio y dentro de otra estructura del mismo tipo los casos 0, 1 y 2 para controlar los motores. De igual manera dentro de una estructura “Flat Sequence Structure” se especifica la secuencia de ejecución de estos, donde en los casos 1 y 2 mediante la función “Index Array” se desarrolla tres mandos que se especifican en la ilustración 3-39.



**Ilustración 3-39:** Genera pulsos y sentido de giro de los motores

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Estos tres mandos controlan las funciones DIR (dirección), PUL (pulsos) y EN (enable) de los drivers, comandados por las opciones True (T) y False (F) para activar o desactivar la generación de pulsos en PULL y en el caso DIR ejecuta el sentido de giro de los motores.

Para la comunicación se establece el mando “Digital Output” del menú myRIO que nos permite escribir los canales de salida digital configurados como se muestran en la tabla 17-3 y finalmente, con la función “Knob” del panel frontal se controla la velocidad de generación de pulsos para cada motor.

**Tabla 3-17:** Configuración canales de salida

Configuración del motor 1			configuración del motor 1		
Canal	Nº de pin	Canal configurado	Canal	Nº de pin	Canal configurado
A/DIO0	11	M1P	A/DIO3	17	M2P
A/DIO1	13	M1D	A/DIO4	19	M2D
A/DIO2	15	M1E	A/DIO5	21	M2E

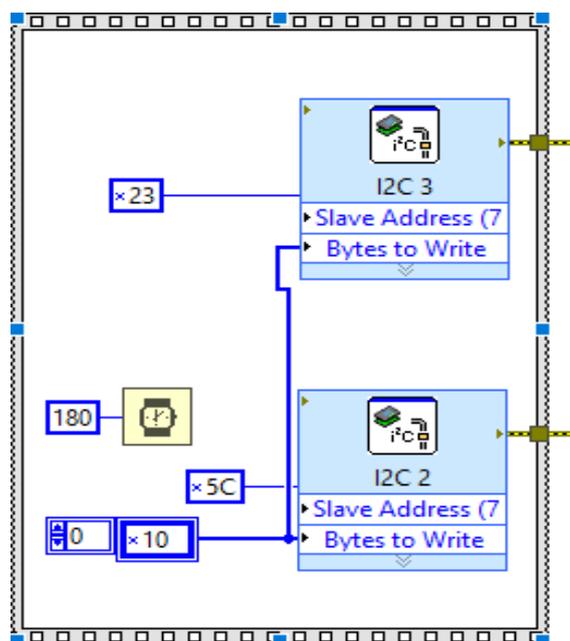
Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.13.3. Configuración de la myRIO para adquirir la intensidad de luz

La comunicación entre la tarjeta de adquisición de datos NI myRIO con los dos sensores de luminosidad está dada por el protocolo de comunicación serial I2C, este permite comunicar varios periféricos con un máster, usando dos pines denominados SDA y SCL, donde SDA comunica los datos enviados o recibidos uno a la vez, un SCL que establece el tiempo de forma síncrona y un común o GND.

Este tipo de comunicación se ejecuta en dos partes denominadas maestro y esclavo, donde el maestro decide iniciar o terminar el envío de datos mientras que el esclavo suministra la información solo si el maestro lo decide mediante unos pines denominados Adress que, seguido de un numero crean una dirección de lectura o escritura para este tipo de comunicación.

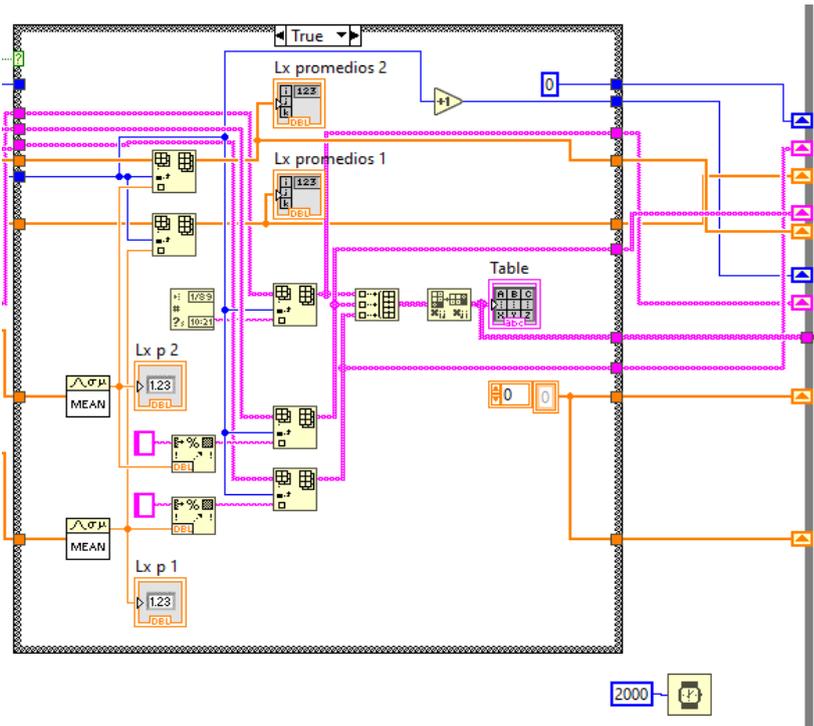
Dicho esto, en el diagrama de bloques de la ilustración 3-40, se muestra la secuencia de comunicación mediante la función “Flat Sequence Structure”, en su interior se crean dos protocolos I2C que están dentro del menú myRIO configurados de la siguiente manera: nombres I2C 2 e I2C 3, canal A/I2C con las constantes x5C es la dirección para I2C2 mientras que la constante x23 es la dirección para I2C3, modo “Write” con velocidad de 100 kbps para cada uno. También contiene una función “Wait(ms)” que es un temporizador configurado para 180 milisegundos.



**Ilustración 3-40:** Comunicación de la myRIO para señales de luz

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023



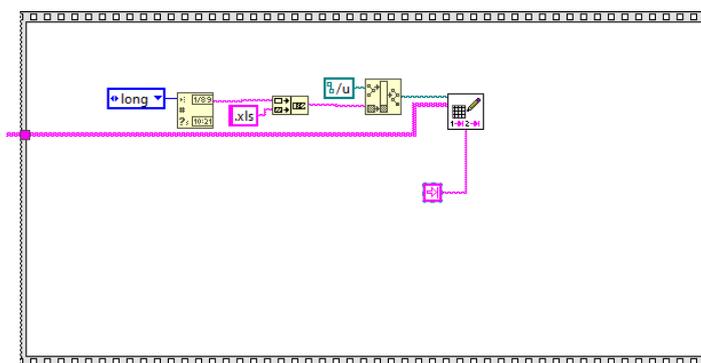


**Ilustración 3-42:** Configuración de señales de luz

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### Creación de tabla de datos

En la ilustración 3-43 se muestra el diagrama secuencial para generar una tabla de datos, en este proceso se utiliza la estructura “Flat Sequence Structure”, en su interior se crea una función “Get Date/Time String Function” para generar una secuencia de hora y fecha según la zona horaria del ordenador.



**Ilustración 3-43:** Creación de la tabla de datos.

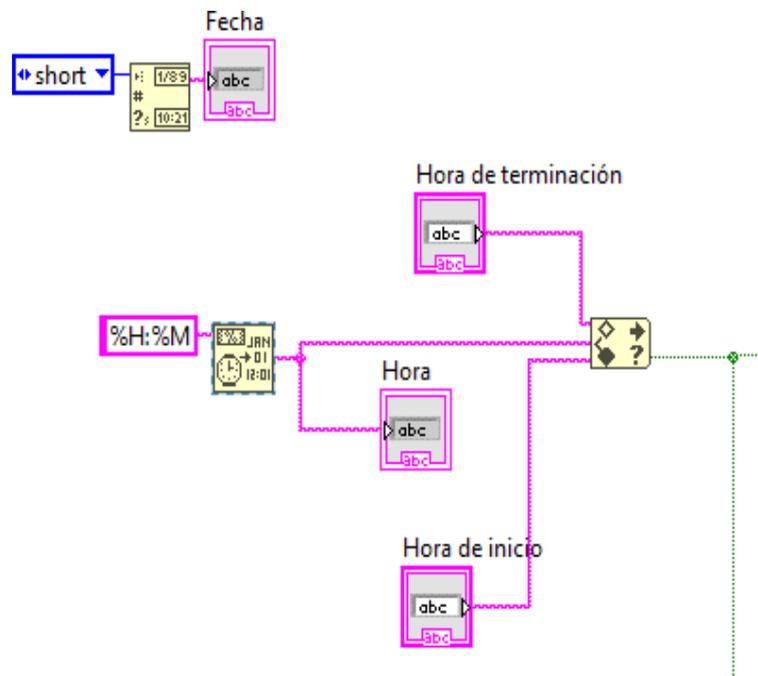
Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Con la función “Concatenate Strings” concatenamos en una sola salida tanto el formato de los datos como el de la hora y fecha, luego con la función “Build Path” se crea una ruta específica

que termina en la función “Write Delimited Spreadsheet VI” para que las cadenas de datos obtenidos sean convertidos y escritos en una cadena constante de texto horizontal, es decir se genera una tabla donde se muestra los valores de iluminación solar obtenido diariamente.

### 3.13.4. *Determinación del rango de horas de funcionamiento*

El seguidor solar tiene un rango de funcionamiento de 6h00 a 18h00 para aprovechar la mayor cantidad de radiación diaria posible, el esquema de control se compone de la función “In Range and Coerse” que define el límite superior e inferior según los datos especificados en los “String Control” finalmente mediante las funciones “Format Date/Time String Function” establecemos la hora y fecha según la zona horaria establecida e en el computador.



**Ilustración 3-44:** Rango de horas de funcionamiento

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 3.13.5. *Paro del sistema completo y reinicio*

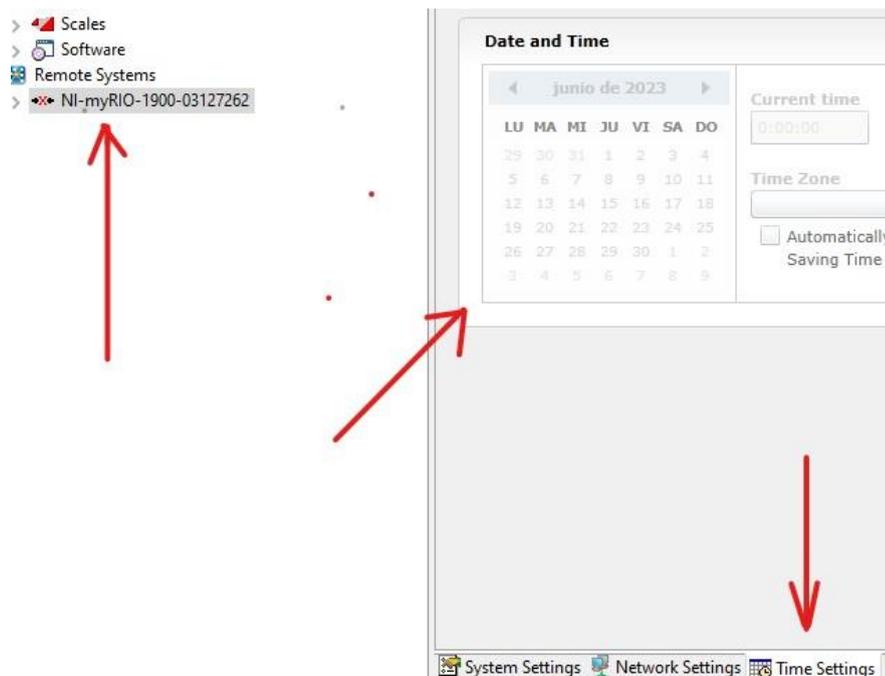
Establecido el rango de funcionamiento, mediante las variables locales, se enlaza las horas de arranque - paro con el sistema anterior descrito y cuando la función “Format Date/Time String Function” establece las 18h00, se inicia el paro del programa de control devolviendo el panel solar a la posición de inicio, con este bucle grabado evitamos ejecutar esta acción manualmente.



**Ilustración 3-45:** Paro del sistema y reinicio

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

La tarjeta de datos NI myRIO ofrece métodos para el almacenamiento de datos como envío de datos a través de internet, almacenamiento en una USB o de forma directa por medio de un servidor, debido a la dificultad de acceso al lugar de instalaciones los datos serán almacenados en una USB, también se aprovechar la ventaja que nos permite crear un ejecutable logrando el funcionamiento autónomo del sistema de control mediante esta tarjeta de datos.



**Ilustración 3-46:** Configuración de hora y fecha en NI MAX

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Una vez realizado del montaje y pruebas de funcionamiento de todo el sistema tanto electrónico, eléctrico mecánico y de potencia en el servidor configuramos hora y fecha mediante la aplicación NI MAX en el menú de “Remote System”, opción “Time Setting”. Finalmente realizada esta configuración el seguidor solar empieza a realizar sus funciones de manera automatizada.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

El análisis de los datos de radiación solar se centra específicamente en verificar y validar el correcto funcionamiento del seguidor fotovoltaico, este equipo consta de dos sensores de luminosidad 12c Bh1750, uno fijo y otro móvil, estos captan la cantidad de luminosidad real diaria emitida por el sol y el programa de control instalado en la tarjeta NI myRIO los evalúa generando dos promedios denominados Lx1 (fijo) y Lx2 (móvil) cada 15 minutos, instantáneamente se genera un archivo en Excel con estos datos que se almacenan en una USB para su posterior estudio y comparación con los datos de luminosidad esperados según las cartas solares.

El uso de un panel solar de la marca IKAO de 40 W-1605250194 GERMANY TECHNOLOGY permite evaluar a pequeña escala la cantidad de energía eléctrica que se puede obtener con el seguidor solar, los valores de voltaje y corriente se mide con un multímetro cada 15 minutos mientras que los parámetros de energía para consumo obtenida se determina mediante cálculos eléctricos en Excel, además estos datos serán comparados con los valores de energía que se consume en las áreas de dirección de la carrera, sala de docentes y secretaria, finalmente se podrá verificar si es factible una posible sustentación a gran escala en el edificio de la carrera.

#### 4.1. Funcionamiento del seguidor fotovoltaico

El seguidor fotovoltaico, por su diseño al ser instalado trabaja en oposición a la corriente del viento por lo que debe ser fijado al suelo, dicho esto se realiza una previa inspección de todos los sistemas: mecánico, eléctrico, electrónico, fotovoltaico y de control en el programa LabVIEW, al panel solar se le posiciona más o menos a  $-60^\circ$  en dirección al Este, la fecha y la hora se configura en el programa NI-MAX y dado las 06h30 am se autoejecuta el programa e inicia el funcionamiento del seguidor corrigiendo su posición gracias a las coordenadas emitidas por las fotorresistencias, de igual manera la obtención de datos de luminosidad y generación energía eléctrica de tipo continua. En la Ilustración 4-1 se muestra el seguidor solar con todos sus componentes debidamente instalados.



**Ilustración 4-1:** Seguidor fotovoltaico

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

#### 4.2. Datos de luminosidad obtenidos

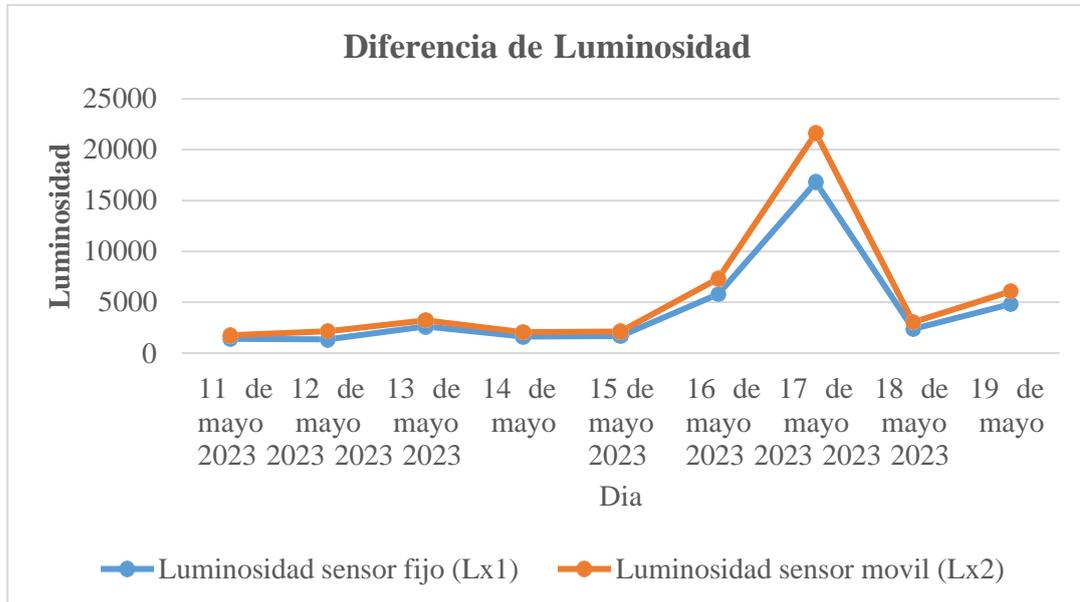
La tabla 4-1 muestra los valores de luminosidad por día obtenidos durante la semana del 11 al 19 de mayo del presente año, donde se visualiza que el sensor móvil Lx2 toma una ventaja de 38515,40 lx con respecto al sensor fijo en captar la luminosidad solar, estos datos son extraídos de los ANEXOS H que son los valores reales medidos cada 15 minutos durante el lapso de funcionamiento del seguidor solar.

**Tabla 4-1:** Valores de luminosidad obtenida por el seguidor fotovoltaico.

<b>Día</b>	<b>Luminosidad sensor fijo (Lx1)</b>	<b>Luminosidad sensor móvil (Lx2)</b>	<b>Diferencia</b>
11 de mayo 2023	1414,09	1753,06	1414,09
12 de mayo 2023	1352,14	2163,38	1352,14
13 de mayo 2023	2617,50	3207,57	2617,50
14 de mayo 2023	1634,11	2064,33	1634,11
15 de mayo 2023	1678,72	2119,23	1678,72
16 de mayo 2023	5809,67	7321,30	5809,67
17 de mayo 2023	16798,89	21621,00	16798,89
18 de mayo 2023	2379,34	3030,36	2379,34
19 de mayo 2023	4830,96	6086,43	4830,96
<b>TOTAL, semana</b>	<b>38515,40</b>	<b>49366,66</b>	<b>38515,40</b>

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Mientras que en el ilustración 4-2 se observa que en el día 17 de mayo existe una mayor presencia de luminosidad solar y claramente un mayor aprovechamiento por el sensor Lx2 para captar luminosidad



**Ilustración 4-2:** Comparación de luminosidad

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

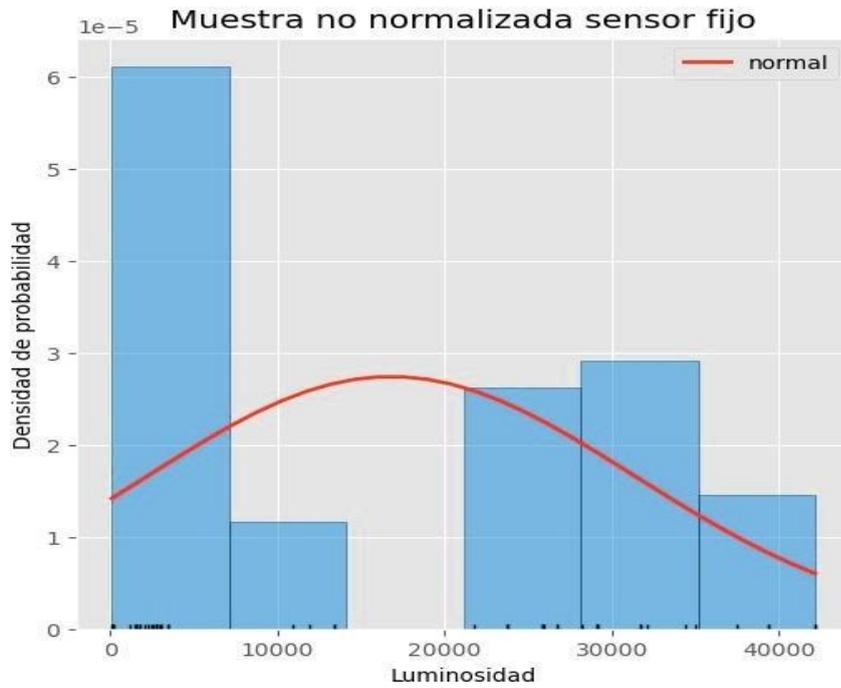
### 4.3. Análisis estadístico de luminosidad solar

Para una mejor interpretación de los resultados, se toma como muestra de análisis los datos de luminosidad de dos días según la presencia del sol, es decir, uno nublado y de otro soleado correspondientes al 11 y 17 de mayo del 2023.

Dicho esto, en el programa de análisis estadístico “Anaconda Jupyter” aplicando el “Test de Shapiro” se determina si los datos tanto del sensor fijo como del móvil corresponden a una distribución normal, si no es así, se procede a normalizar para su posterior estudio de medias.

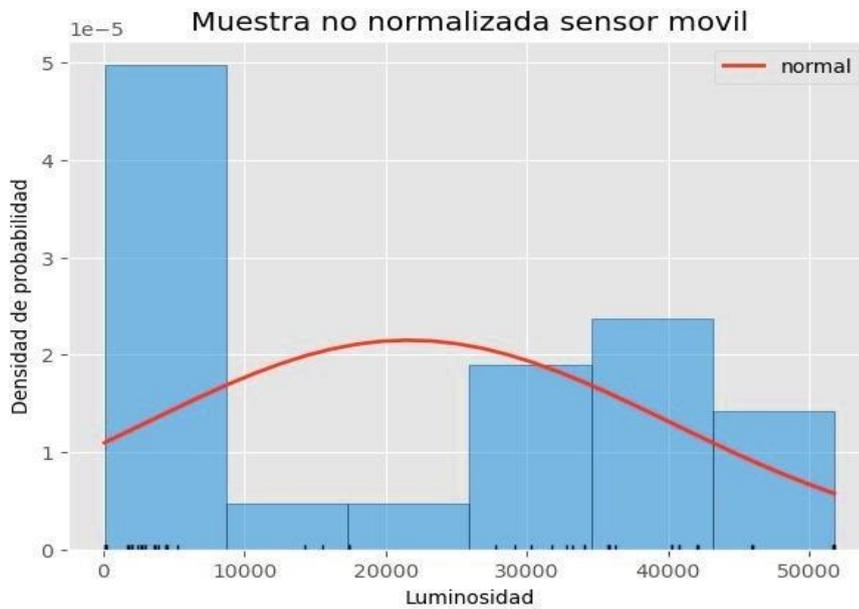
#### 4.3.1. Interpretación de las muestras del día soleado

En las ilustraciones 4-3, 4-4 se representan la tendencia de los datos no normalizados de los sensores fijo y móvil aseverando que como  $p\text{-value} = 0.00002 < 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, concluyendo que no existe suficiente evidencia para aseverar que los datos se distribuyen normalmente. Con una confianza del 95%



**Ilustración 4-3:** Muestra sensor fijo día soleado

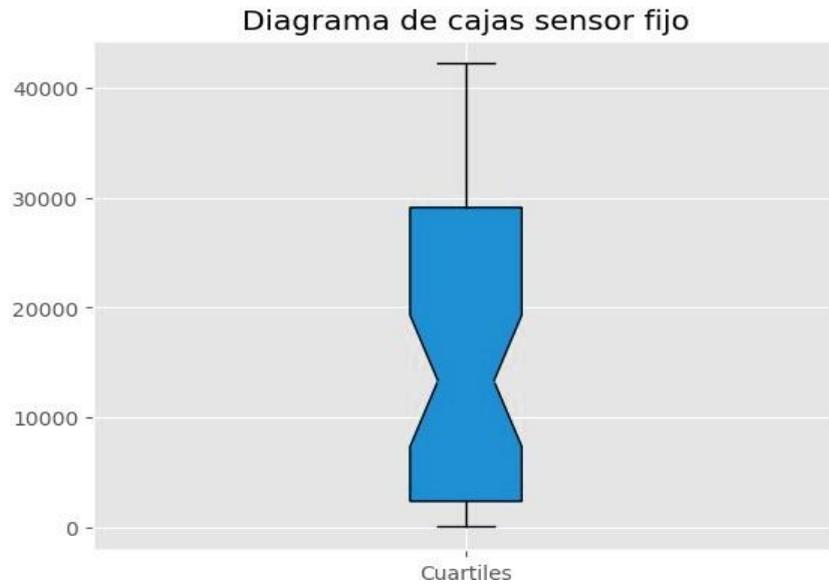
Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023



**Ilustración 4-4:** Muestra sensor móvil, día soleado

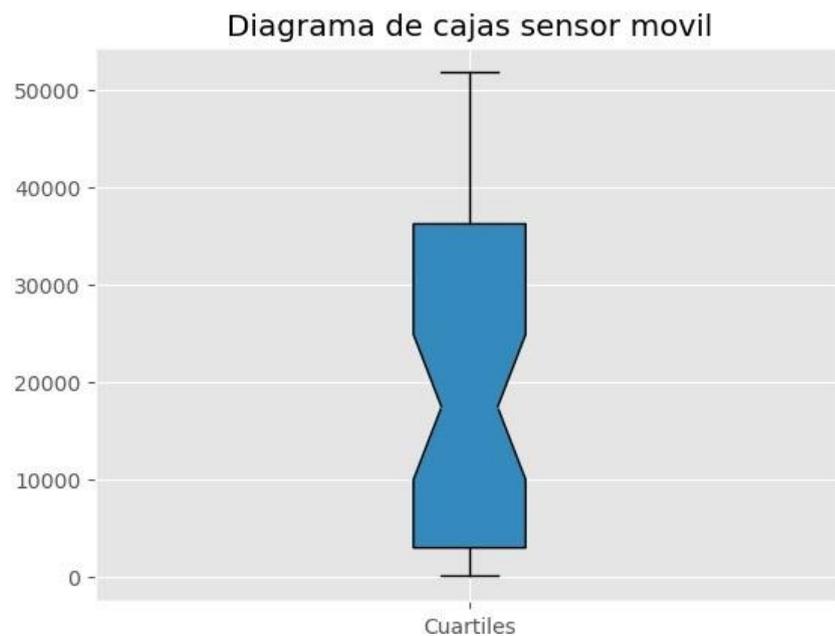
Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Mientras que en las ilustraciones siguientes se visualiza la dispersión de las muestras, la simetría y los valores atípicos que se presentan mediante el uso de los diagramas de cajas



**Ilustración 4-5:** Diagrama de cajas sensor fijo

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

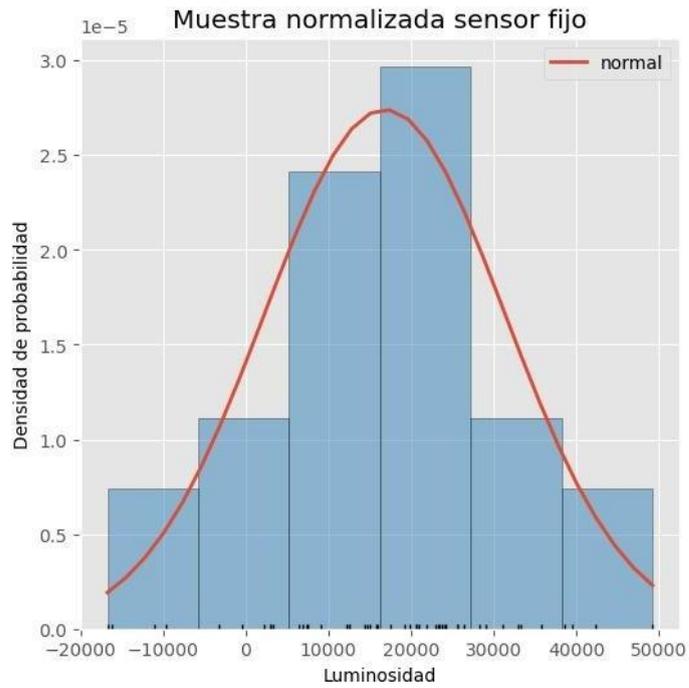


**Ilustración 4-6:** Diagrama de cajas sensor móvil

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

#### 4.3.2. Normalización de muestra con respecto al día soleado

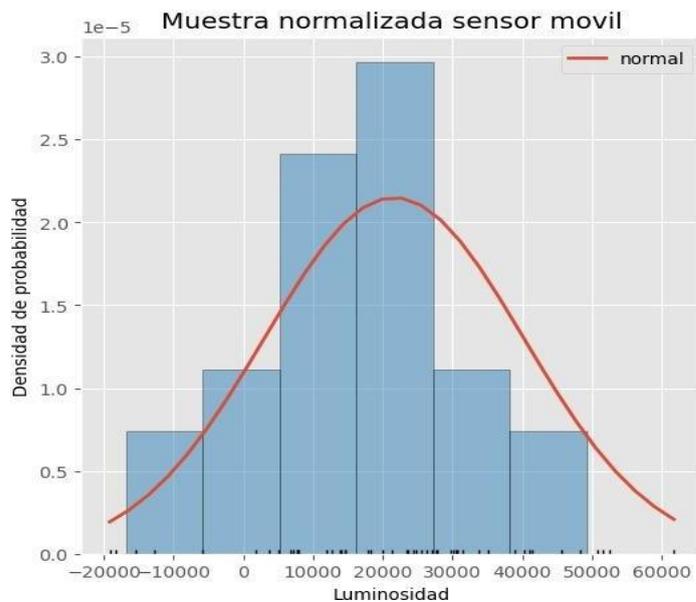
En la ilustración 4-7 se representan la tendencia de los datos normalizados del sensor fijo donde se asevera que como  $p\text{-value} = 0.72305 > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, concluyendo que existe suficiente evidencia para aseverar que los datos se distribuyen normalmente. Con una confianza del 95%.



**Ilustración 4-7:** Muestra normalizada sensor fijo, día soleado

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

En la ilustración 4-8 se representan la tendencia de los datos normalizados del sensor móvil aseverando que como  $p\text{-value} = 0.65984 > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, concluyendo que existe suficiente evidencia para aseverar que los datos se distribuyen normalmente. Con una confianza del 95%.

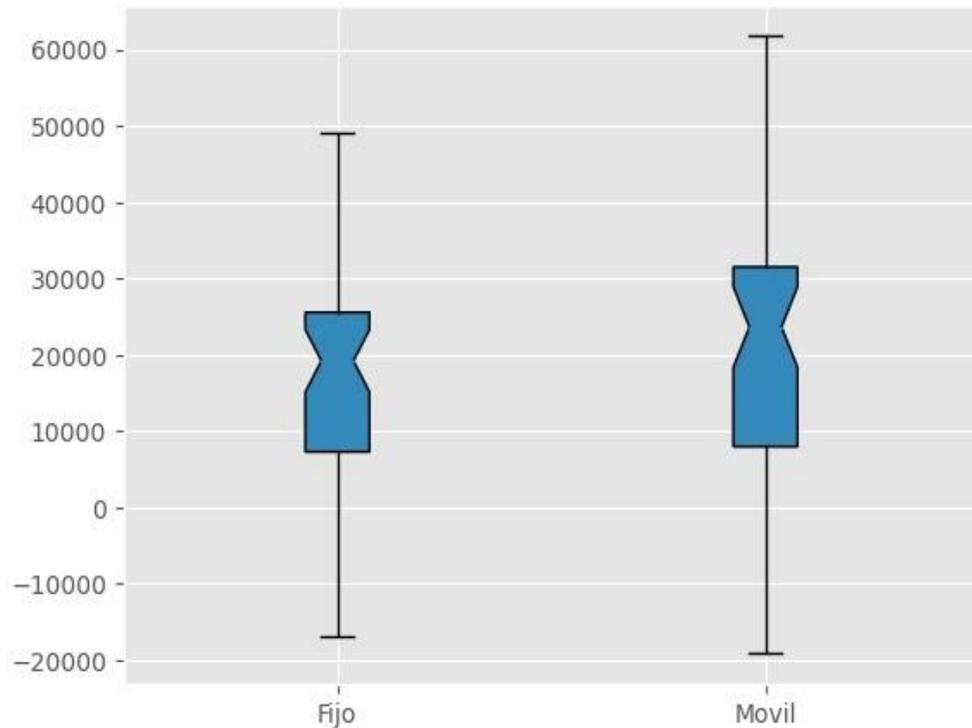


**Ilustración 4-8:** Muestra normalizada sensor móvil, día soleado

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

### 4.3.3. Comparación de muestras provenientes al día soleado

En la ilustración 4-9 se representa el resultado final al comparar los diagramas de cajas y las medias mediante la distribución T Student de las muestras antes analizadas, se plantea dos hipótesis  $H_0$  (hipótesis nula) y  $H_1$  (hipótesis alternativa), es decir para el valor de p-value resultante la  $H_0$  si  $\mu_2 = \mu_1$ ; la luminosidad solar de los dos sensores es igual y la  $H_1$  si  $\mu_2 \neq \mu_1$ ; la luminosidad solar de los dos sensores es diferente.



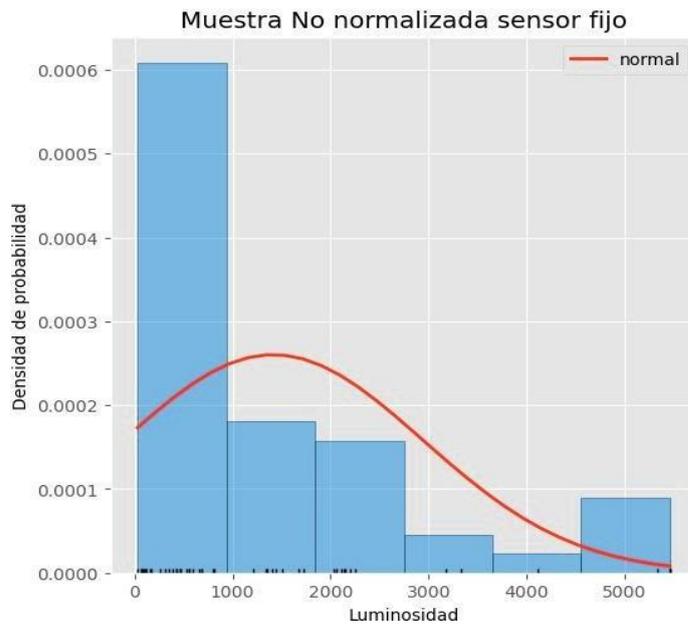
**Ilustración 4-9:** Comparación de muestras provenientes al día soleado

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Como  $p\text{-value} = 0.159797 > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, concluyendo que no existe suficiente evidencia para aseverar que la luminosidad solar de los dos sensores es diferente, con una confianza del 95%

### 4.3.4. Interpretación de las muestras del día nublado

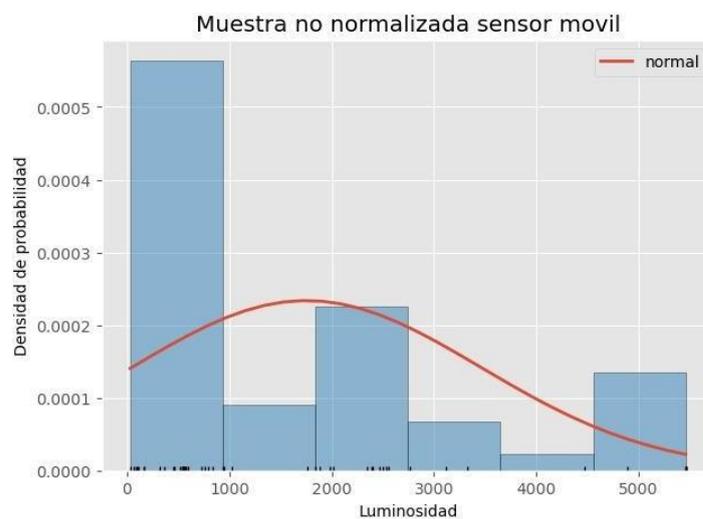
En la ilustración 4-10 se representan la tendencia de los datos no normalizados del sensor fijo aseverando que como  $p\text{-value} = 0.00000048 < 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, concluyendo que no existe suficiente evidencia para aseverar que los datos se distribuyen normalmente. Con una confianza del 95%



**Ilustración 4-10:** Muestra sensor fijo día nublado

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

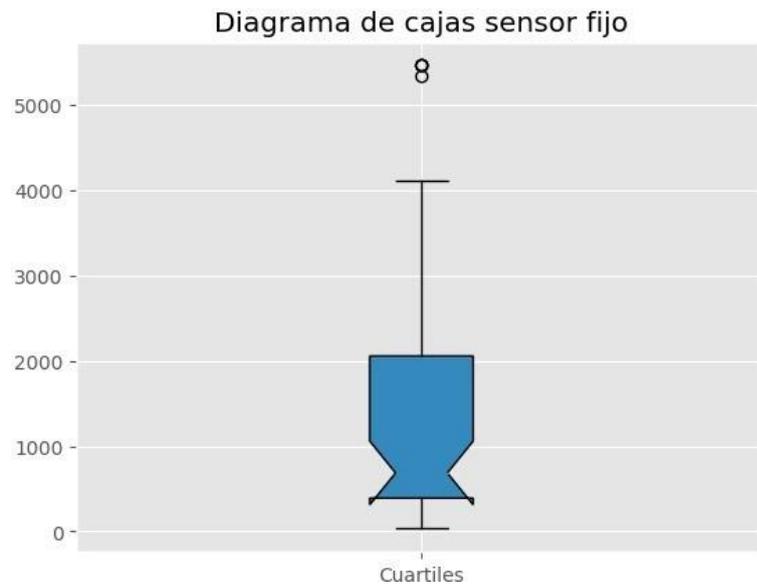
Mientras que para el sensor móvil se tiene que como  $p\text{-value} = 0.00000403 < 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, concluyendo que no existe suficiente evidencia para aseverar que los datos se distribuyen normalmente. Con una confianza del 95% como se muestra en la ilustración 4-11.



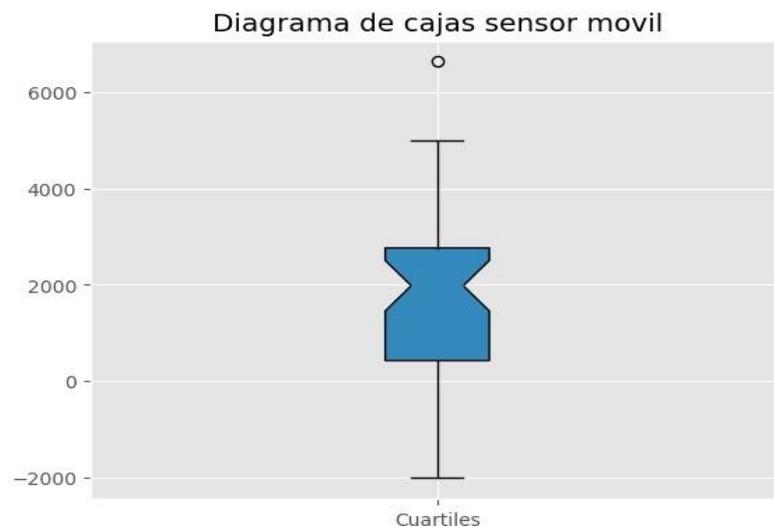
**Ilustración 4-11:** Muestra sensor móvil día nublado

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

En las ilustraciones siguientes se visualiza la dispersión de las muestras, la simetría y los valores atípicos que se presentan mediante el uso de los diagramas de cajas



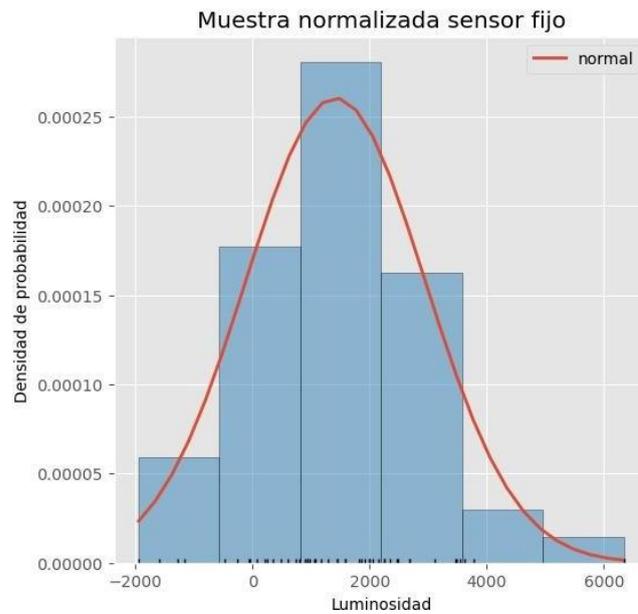
**Ilustración 4-12:** Diagrama de cajas sensor fijo, día nublado  
**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023



**Ilustración 4-13:** Diagrama de cajas sensor móvil, día nublado  
**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

#### 4.3.5. Normalización de muestra con respecto al día nublado

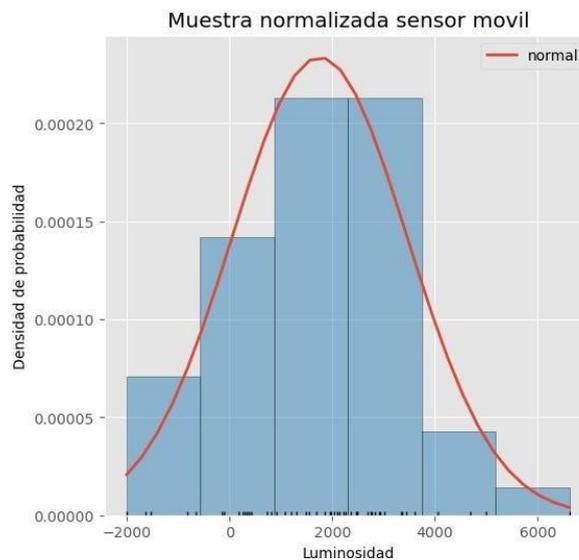
En la ilustración 4-14 se representan la tendencia de los datos normalizados del sensor fijo donde se asevera que como  $p\text{-value} = 0.16967 > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, concluyendo que existe suficiente evidencia para aseverar que los datos se distribuyen normalmente. Con una confianza del 95%



**Ilustración 4-14:** Muestra normalizada sensor fijo, día nublado

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

En la ilustración 4-15 se representan la tendencia de los datos normalizados del sensor móvil aseverando que como  $p\text{-value} = 0.25588 > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, concluyendo que existe suficiente evidencia para aseverar que los datos se distribuyen normalmente. Con una confianza del 95%

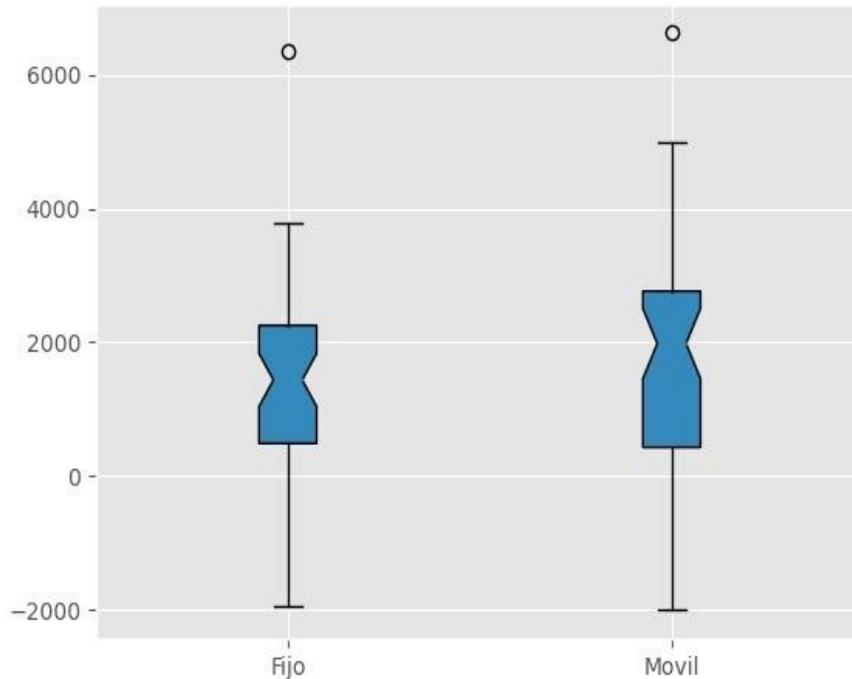


**Ilustración 4-15:** Muestra normalizada sensor móvil, día nublado

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

#### 4.3.6. Comparación de muestras provenientes al día nublado

De igual manera en la ilustración 4-16 se representa el resultado final al comparar los diagramas de cajas y las medias mediante la distribución t de student de las muestras antes analizadas, se plantea dos hipótesis H0 (hipótesis nula) y H1(hipótesis alternativa) es decir para el valor de p-value resultante la H0 si  $\mu_2 = \mu_1$ ; la luminosidad solar de los dos sensores es igual y la H1 si  $\mu_2 \neq \mu_1$ ; la luminosidad solar de los dos sensores es diferente



**Ilustración 4-16:** Comparación de muestras del día nublado

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Como  $p\text{-value} = 0.308558 > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, concluyendo que no existe suficiente evidencia para aseverar que la luminosidad solar de los dos sensores es diferente, con una confianza del 95%

#### 4.4. Energía eléctrica generada

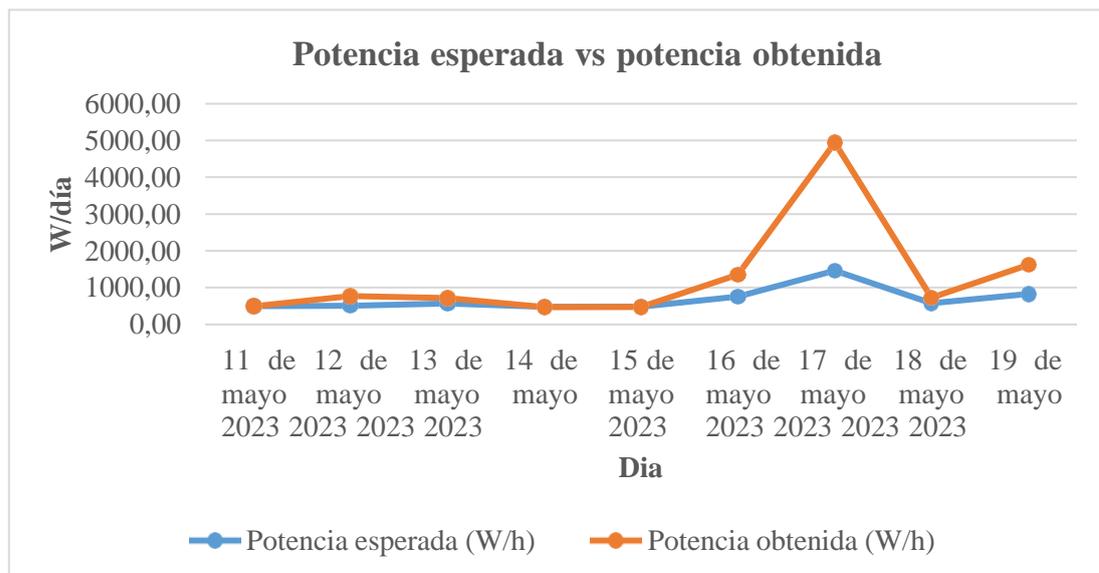
La tabla 4-2 muestra los datos de la potencia esperada según cartas solares y la potencia obtenida durante la semana de 11 de mayo al 19 de mayo del presente año, los resultados muestran una sumatoria de energía esperada de **6188,55 W/h** durante ese periodo mientras que se obtuvo con el seguidor solar una potencia de **11559,81 W/h**, es decir existe aprovechamiento de **5371,26 W/h** más en relación con lo esperado.

**Tabla 4-2:** Valores de potencia esperada y potencia obtenida

<b>Día</b>	<b>Energía esperada (W/día)</b>	<b>Energía obtenida (W/día)</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Diferencia en porcentaje</b>
11 de mayo 2023	501,79	495,32	-6,47	-1%
12 de mayo 2023	510,21	767,51	257,30	50%
13 de mayo 2023	574,24	721,26	147,02	26%
14 de mayo 2023	481,85	470,91	-10,94	-2%
15 de mayo 2023	484,66	478,03	-6,63	-1%
16 de mayo 2023	756,76	1348,63	591,87	78%
17 de mayo 2023	1462,69	4937,84	3475,15	238%
18 de mayo 2023	582,10	722,36	140,26	24%
19 de mayo 2023	834,26	1617,96	783,70	94%
<b>TOTAL</b>	<b>6188,56</b>	<b>11559,82</b>	<b>5371,26</b>	<b>87%</b>

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

Mientras que en la ilustración 4-17 se puede observar que la variación descrita anteriormente no tiene una diferencia notable entre las líneas de tendencia a excepción del 17 de mayo que presenta una mayor incidencia solar, esto es debido a factores que inciden en el aprovechamiento máximo de obtención de energía como lluvia, sombras, nubes etc.



**Ilustración 4-17:** Comparación de energía esperada vs potencia obtenida

**Realizado por:** Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

#### 4.5. Demanda de energía eléctrica

Se realizó las mediciones de energía de consumo real para las áreas de la Dirección de la Carrera, Sala de profesores y Secretaría, obteniendo la hora de coincidencia pico de máximo consumo de 1213 kWh en horas de las 15h00 A 16H00.

**Tabla 4-3:** Datos del consumo de energía

Hora	Intervalo/horas	Consumo de energía (kWh)
1	9-10	0,707
2	10-11	0,891
3	11-12	0,572
4	12-13	0,760
5	13-14	1,056
6	14-15	1,056
7	15-16	1,213
8	16-17	0,799
9	17-18	1,005
10	18-19	0,855
11	19-20	0,491

Realizado por: Alvarado, B. Huaraca, D. 2023

#### 4.6. Comparación oferta y demanda

La energía emitida por el sol se mide bajo los estándares de  $\frac{Wm^2}{h}$ , dicho esto, en el seguidor fotovoltaico el panel solar tiene las siguientes dimensiones: 54 cm<sup>2</sup> x 52 cm<sup>2</sup>, para cumplir dichos estándares se debe transformar estas unidades de cm<sup>2</sup> a m<sup>2</sup> de la siguiente manera:

$$0.54 \text{ cm}^2 \times 0.52 \text{ m}^2 = 0,2808 \text{ m}^2$$

La energía promedio obtenida con 0.2808 m<sup>2</sup> es de 1284,42  $\frac{W m^2}{\text{día}}$ , esto representa una pequeña fracción en comparación a la energía que consumen las áreas de estudio dentro del edificio de Mantenimiento Industrial, establecido esto, tenemos que calcular el número de paneles solares necesarios para satisfacer esta demanda.

La demanda determinada es de 13,49  $\frac{kW}{\text{día}}$ , para estimar el número necesarios de paneles se aplica una regla de tres, tomando como referencia la energía obtenida con el panel solar del seguidor fotovoltaico, como se muestra a continuación:

1 panel	$1,3 \frac{\text{kW m}^2}{\text{día}}$
11 paneles	X

$$\frac{11 \times 1,3 \frac{\text{kW m}^2}{\text{día}}}{1}$$

$$14,3 \frac{\text{kW m}^2}{\text{día}}$$

Mediante un análisis prueba – error se puede determinar que con 11 paneles solares del mismo tipo que el panel solar de referencia se puede satisfacer esta demanda.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Se construyó un seguidor fotovoltaico de dos ejes capaz de orientarse de forma automática según la posición del sol, compuesto de un sistema mecánico de transmisión tornillo sin fin-corona con dos motores NEMA 23, un sistema eléctrico de alimentación que consta de una fuente de 24 V, 5 A y un sistema electrónico que mediante un circuito impreso en una placa de baquelita enlaza los siguientes componentes: dos sensores de intensidad de luz 12c Bh1750, un sistema de sombras, dos drivers HY-DIV268N-5 con la tarjeta de adquisición de datos NI myRIO. Además, consta de un programa de control en LabVIEW, modo ejecutable, que instalado en la tarjeta NI myRIO controla el funcionamiento completo del seguidor fotovoltaico.

Se obtuvieron los datos de radiación solar presentes en el edificio administrativo de la Carrera de Mantenimiento Industrial por medio del software Atlas Solar con lo cual se concluyó que, los niveles de radiación en la ciudad de Riobamba son idóneos para la implementación de un seguidor fotovoltaico debido a la ventaja de su ubicación cerca de la línea ecuatorial y a su altura de 2750 msnm.

Se determino por medio de fórmulas matemáticas (método teórico) un consumo total de energía de  $13,49 \frac{\text{kW}}{\text{día}}$  según la potencia dada en la placa de datos en cada uno de los equipos del área administrativa de la carrera de Mantenimiento Industrial mientras que con el módulo de adquisición de datos PM800 (método empírico) se obtuvo un consumo energético real de  $9,57 \frac{\text{kW}}{\text{día}}$

La cantidad de energía obtenida con un panel solar de  $0,2808 \text{ m}^2$  es de  $1284,42 \frac{\text{W m}^2}{\text{día}}$ , si se proyecta este valor a una superficie de 11 paneles solares genera una energía aproximada de  $14,12 \frac{\text{kW m}^2}{\text{día}}$  en comparación a la energía que se necesita para satisfacer la demanda que es de  $13,49 \frac{\text{kW}}{\text{día}}$ . Entonces se asevera que la energía obtenida por el sistema de 11 paneles solares cubre la demanda de energía que se necesita para el área administrativa de la Carrera Mantenimiento Industrial siendo factible la implementación a futuro.

Las medias de las mediciones de luminosidad con el sensor móvil tanto en el día soleado como en el nublado son mayores que las mediciones del sensor fijo en la comparación de muestras mediante T Student se observó que las evidencias aseveran de que esta diferencia no es significativa debido a que solo se analiza la luz visible sin tomar en cuenta los rayos ultravioletas, infrarrojos, microondas y rayos X de la radiación solar

## 5.2 Recomendaciones

Para el sistema de transmisión tornillo sin fin-engranaje se recomienda engrasar LGLT 2, gracias a sus características anticorrosivas, resistencia al agua y su buen funcionamiento a bajas temperaturas es ideal para este tipo de sistemas, la utilización de terminales para evitar falsos contactos en el sistema eléctrico, evitar la excesiva manipulación en conexión y desconexión del bus de datos.

Para el proceso de obtención de datos de energía consumida en las áreas especificadas se recomienda ejecutar un levantamiento de un plano eléctrico del edificio de la Carrera de Mantenimiento Industrial debido a que, en el momento de realizar las mediciones con el módulo PM800 no se conoce cuál de todas las líneas eléctricas se extiende por cada área a medir el consumo.

Para la implementación de varios paneles solares se recomienda analizar los dos tipos de conexión, es decir en serie que suma los voltajes y paralelo que suma la corriente, investigar sus distintas combinaciones con el fin de aprovechar la máxima eficiencia de estos, disminuir costos en materiales adicionales y aumentar su vida útil, además de evitar lugares expuestos a presencia de sombras y exceso de polvo.

Se recomienda que para mejorar el análisis de muestras se debe tomar datos por más tiempo es decir con respecto a un mes o varios, así se podrá obtener muestras más reales que facilitaran a determinar la factibilidad de implementación de este sistema de energía solar.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ARENAS, Daniel, & CHACÓN-PIZÓN, Enrique** *Conceptualización y análisis de los sistemas de seguimiento solar*. Colombia : s.n., 2019, Integra- SENA-SENNOVA, Vol. 11, págs. 67-68.
2. **ATLAS GLOBAL SOLAR**. *Atlas Global Solar*. [Blog] [Consulta: 01 de Marzo de 2023]. Disponible en: <https://globalsolaratlas.info/map?s=-1.673277,-78.648248&m=bookmark&pv=small,0,4,1&c=-1.673117,-78.64872,11>
3. **BULKMAN3D**. *TB6600-Stepper-Motor-Driver*. [Blog]. 2021. [Consulta: 10 de agosto del 2023]. Disponible en: <https://bulkman3d.com/wp-content/uploads/2019/06/TB6600-Stepper-Motor-Driver-BM3D-v1.1.pdf>.
4. **CABOT SANCHO, Luis** . *Estudio de viabilidad de una instalación fotovoltaica para cubrir la demanda de una nave de construcción de componentes navales en Palma de Mallorca*. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universitat Politècnica de Valencia, Valencia España. 2021.p 44. [Consulta: 11 de agosto de 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/173190>.
5. **COORDINACIÓN GENERAL DE MINERÍA**. “*Perfil de Mercado del Hierro-Acero*”. [en línea], SECRETARIA DE ECONOMIA 2013, (Mexico) 1(1), pp. 6-8 [Consulta: 02 de Marzo de 2023]. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/419274/Perfil\\_Hierro\\_y\\_el\\_Acero\\_2018\\_T\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/419274/Perfil_Hierro_y_el_Acero_2018_T_.pdf)
6. **CRISTHIAN AGUSTIN, CHÁVEZ LEÓN**. *Propuesta de un metodo pra el cálculo del número de paneles fotovoltaicos para microgeneración y autoabastecimiento de consumidores finales através de la estimación de la irradiancia solar global utilizando lógica difusa*. [en línea], Quito, Pichincha, Ecuador : S/N, 2021. [Consulta: 22 de junio del 2023.]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21970>
7. **EUROPEAN UNION**. *European Commission* [Blog]. [Consulta: 22 de junio del 2023.]. Disponible en: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/)

8. **GREENVatio.** *Inversor de Corriente.* [Blog]. 2020. [Consulta: 11 de agosto del 2023]. Disponible en: <https://greenvatio.com/inversor-de-corriente/>
9. **GUAYAZAN PINTO , Tania, & OTROS.** *Diseño de un sistema solar fotovoltaico para la comunidad indígena Pijao ubicada en el resguardo Pocharco.* [En línea] Universidad EAN. 2020. [consulta: 09 de mayo de 2023.] Disponible en: <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/10666/GuayazanTania2021.pdf?sequence=1&isAllowed=>.
10. **HUAMONTE CASTRO , Marcos.** *Análisis y diseño de la generacion solr fotovoltaica en la planta de mntenimiento de racienda grupo Gloria simulado con digsilent.* [en línea] 2019. [Citado el: 09 de mayo de 2023.] Disponible en: <https://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12272/IEhucamj.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
11. **LABARTA VALENTÍN, J.** *Instalaciones solares fotovoltaicas.* [en línea]. San Sebastián España: Dinostiarra, 2012. [Consulta: 18 de mayo del 2023.]. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=4OUZ9ngL5oEC&oi=fnd&pg=PA8&dq=INSTALACIONES+SOLARES+FOTOVOLTAICAS+labarta&ots=DHIpaT\\_ibd&sig=TpKuDhhnPLhmQM2JAYsjeHxzwpl#v=onepage&q=INSTALACIONES%20SOLARES%20FOTOVOLTAICAS%20labarta&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=4OUZ9ngL5oEC&oi=fnd&pg=PA8&dq=INSTALACIONES+SOLARES+FOTOVOLTAICAS+labarta&ots=DHIpaT_ibd&sig=TpKuDhhnPLhmQM2JAYsjeHxzwpl#v=onepage&q=INSTALACIONES%20SOLARES%20FOTOVOLTAICAS%20labarta&f=false)
12. **MARULANDA, J.** *Sistemas alternativos de energia.* [en línea]. San Nicolás-Mexico: El CId, 2020. [Consulta: 12 de mayo del 2023.]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/213687>
13. **MONTALVO JARAMILLO, PABLO.** *Diseño de un sistema de control difuso de seguimiento solar de dos ejes.* [En línea] (Trabajo de titulación) (Magister) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo , Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 36-37. [Consulta: 14 de agosto 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7331>.
14. **NATIONAL INSTRUMENTS.** LabVIEW. [blog] Austin-USA 2023. . [Consulta: 10 de agosto 2023]. Disponible en: <https://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>.
15. **NUCLEAR POWER.** *Material Properties.* [En línea] 2023. [Consulta: 28 de julio de 2023.] Disponible en: <https://material-properties.org/es/hierro-resistencia-dureza-elasticidad-estructura-cristalina/>.

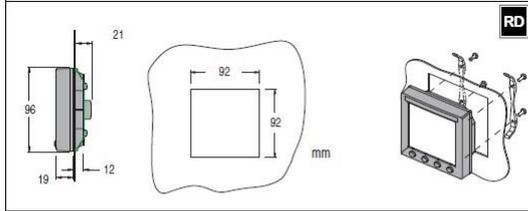
16. **PACHECO BAUTISTA, Daniel, CORTÉS RITO, Elsa & AGUILAR ACEVEDO, Francisco.** *Diseño de un controlador de carga de tres etapas para sistemas fotovoltaicos usando lógica difusa.* [En línea] 2019. [Consulta: 16 de mayo de 2023.] Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071833052019000400540&script=sci\\_arttext&lng=en#f1](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071833052019000400540&script=sci_arttext&lng=en#f1).
17. **SCHNEIDER ELECTRIC.** *Central de medida PowerLogic™ de la serie 800 Guía de instalación 63230-500-283A2.* [En línea] 2011. [consulta: 07 de junio de 2023.] Disponible en: [https://download.schneiderlectric.com/files?p\\_enDocType=Instruction+sheet&p\\_File\\_Name=63230-500-283A2\\_PM8\\_Install\\_Guide\\_ES.pdf&p\\_Doc\\_Ref=63230-500](https://download.schneiderlectric.com/files?p_enDocType=Instruction+sheet&p_File_Name=63230-500-283A2_PM8_Install_Guide_ES.pdf&p_Doc_Ref=63230-500)
18. **VELASCO DÍAZ, Leyber.** *Desarrollo de placas electrónicas y modelos de utilidad para diferentes aplicaciones a nivel industrial.* [En línea] (Protocolo de investigación) (Ingeniería) Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 2018. pp. 12-16. [Consulta el: 2023-08-11.]. Disponible en: <http://repositorio.digital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/2446>.
19. **VILCANQUI, Jassir.** *Estudio para el desarrollo de un seguidor solar de dos ejes autoconIlustraciónble para paneles fotovoltaicos.* [En línea] 2020. [Consulta el: 06 de mayo de 2023.] Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/16934>

# ANEXOS

## ANEXO A: CÓDIGOS PARA EL EQUIPO MÓVIL POWER LOGIC PM800

### Dimensiones y opciones de montaje de la PM800 con pantalla remota

Figura 11: Recorte cuadrado y montaje de la pantalla remota



### Montaje de superficie para readaptación de la pantalla del CM3000/CM4000 con una pantalla remota de la PM800

Consulte la sección titulada Central de medida con pantalla remota y vea la Figura 12.

Figura 12: Montaje de superficie para readaptación de la pantalla del CM3000/CM4000 con un modelo de pantalla remota de la PM800

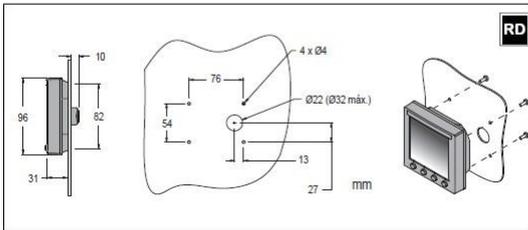


Tabla 7: Tensiones superiores a 347 VCA L-N/600 VCA L-L

Número de cables	TI		Conexiones de tensión			Configuración del medidor		Número de figura
	Ctdad.	ID	Ctdad.	ID	Tipo	Tipo de sistema	Escala del primario del TT	
3	2	I1, I3	2	V1, V3 (V2 a tierra)	Triángulo	30	Basado en la tensión	9
	3	I1, I2, I3	2	V1, V3 (V2 a tierra)	Triángulo	31	Basado en la tensión	10
	1	I1	2	V1, V3 (V2 a tierra)	Triángulo (equilibrado)	32	Basado en la tensión	11
4	3	I1, I2, I3	3	V1, V2, V3 (Vn a tierra)	Estrella	40	Basado en la tensión	12
	2	I1, I2, I3	3	V1, V2, V3 (Vn a tierra)	Estrella (equilibrada)	40	Basado en la tensión	13
	3	I1, I2, I3	2	V1, V3 (Vn a tierra)	Estrella	42	Basado en la tensión	14
	1	I1	3	V1, V2, V3 (Vn a tierra)	Estrella (equilibrada)	44	Basado en la tensión	15

En los diagramas se usan los siguientes símbolos:

Tabla 8: Símbolos de los diagramas de cableado

Símbolo	Descripción
	Desconexión de tensión
	Fusible
	Toma de tierra
	Transformador de intensidad Ecuivalente para EE. UU.: 

### Cableado

#### Tipos de sistemas compatibles

Tabla 5: Especificaciones de conexión del cableado de la PM800

Descripción	N.º de conexiones	Tamaño del cable	Par	Longitud de banda de aislamiento
Fuente de alimentación	De 1 a 3	12 a 24 AWG	2,5 a 0,2 mm <sup>2</sup>	0,56 N m 6,35 mm
Entradas de tensión (TT)	8 a 11	12 a 24 AWG	2,5 a 0,2 mm <sup>2</sup>	0,56 N m 6,35 mm
Entradas de intensidad (TI)*	12 a 17	12 a 24 AWG	2,5 a 0,2 mm <sup>2</sup>	1,35 N m 8,0 mm*
Comunicaciones RS485	18 a 20	12 a 24 AWG	2,5 a 0,2 mm <sup>2</sup>	0,56 N m 6,35 mm
E/S	4 a 7	12 a 24 AWG	2,5 a 0,2 mm <sup>2</sup>	0,56 N m 6,35 mm

NOTA: \*Las entradas de intensidad (TI) han de tener conexiones de terminales de tipo horquilla o anilla.

NOTA: Para sustituir los conectores, pida los complementos de instalación 63230-500-16.

Tabla 6: Tensiones inferiores o iguales a 347 VCA L-N/600 VCA L-L, conexión directa sin TT

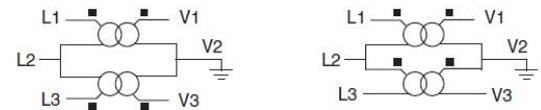
Número de cables	TI		Conexiones de tensión			Configuración del medidor		Número de figura
	Ctdad.	ID	Ctdad.	ID	Tipo	Tipo de sistema	Escala del primario del TT	
2	1	I1	2	V1, Vn	L-N	10	Sin TT	1
	1	I1	2	V1, V2	L-L	11	Sin TT	2
3	2	I1, I2	3	V1, V2, Vn	L-L con N	12	Sin TT	3
Cableado trifásico								
3	2	I1, I3	3	V1, V2, V3	Triángulo	30	Sin TT	4
	3	I1, I2, I3	3	V1, V2, V3	Triángulo	31	Sin TT	5
	1	I1	3	V1, V2, V3	Triángulo (equilibrado)	32	Sin TT	6
4	3	I1, I2, I3	3	V1, V2, V3, Vn	Triángulo de 4 hilos	40	Sin TT	7
	3	I1, I2, I3	3	V1, V2, V3, Vn	Estrella	40	Sin TT	7
	1	I1	3	V1, V2, V3, Vn	Estrella (equilibrada)	44	Sin TT	8

Tabla 8: Símbolos de los diagramas de cableado (cont.)

Símbolo	Descripción
	Bloque de cortocircuito
	Transformador de tensión Ecuivalente para EE. UU.: 

NOTA: El interruptor automático de desconexión debe estar al alcance de la central de medida y llevar la siguiente etiqueta: Interruptor automático de desconexión para la central de medida.

NOTA: En los sistemas de 2 TT, estas conexiones son equivalentes.



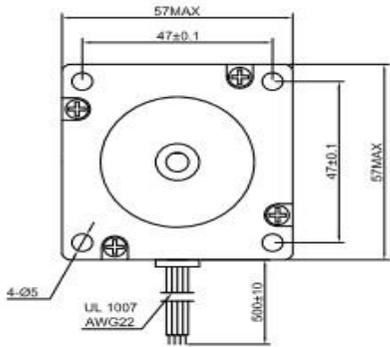
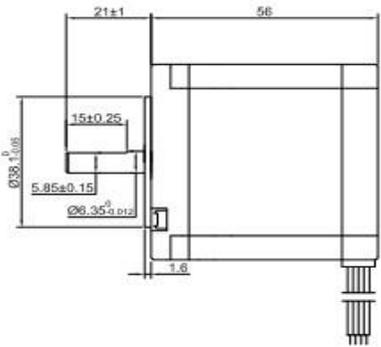
NOTA: La dirección en la que el flujo de intensidad y tensiones afecta las mediciones. Por este motivo, preste especial atención a las marcas de polaridad cuando conecte los TI y los TT (X1=S1=■).

# ANEXO B: DISEÑO SOLID WORK

Numero	Descripción
1	Motor eje vertical
2	Rodamientos para eje horizontal
3	Eje horizontal
4	Soportes de panel solar
5	Caja reductora eje vertical
6	Base principal
7	Base de panel solar y sistema de sombras
8	Tornillo sin fin
9	Motor eje horizontal
10	Engranaje

N°. Lámina: 1 de 1	N°. Hojas: 1	Sustitución:	Codificación: FM-EIMI-DAC-P-001-01-2020	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>				
Email:			Denominación: <b>Hoja 1</b>					Peso [Kg]
Teléfonos:				<b>Materiales:</b> Hierro <b>Nombre de archivo:</b> Desptiece.sldprt	50	±0.3 [mm]	1:10	
Datos	Nombre	Firma	Fecha					
Proyectó			2023/05/31					
Dibujó			2023/05/31					
Revisó	Ing. Montalvo P.		2023/05/31					
Aprobó	Ing. Montalvo P.		2023/05/31					

ANEXO C: DATASHEET MOTOR PASO A PASO

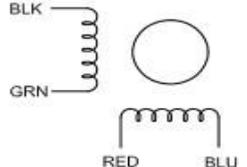



SPECIFICATION	CONNECTION	BIPOLAR
VOTAGE(VOC)		2.50
AMPS/PHASE		2.80
RESISTANCE/PHASE(Ohms)@25°C		0.90±10%
INDUCTANCE/PHASE(mH)@1KHz		2.50±20%
HOLDING TORQUE(Nm)[lb-in]		1.26[11.15]
STEP ANGLE(°)		1.80
STEP ACCURACY(NON-ACCUM)		±5.00%
ROTOR INERTIA(g-cm <sup>2</sup> )		300.00
WEIGHT(Kg)[lb]		0.70[1.54]
TEMPERATURE RISE:MAX.80°C ( MOTOR STANDSTILL;FOR 2PHASE ENERGIZED )		
AMBIENT TEMPERATURE -10°C~50°C[14°F~122°F]		
INSULATION RESISTANCE 100 Mohm (UNDER NORMAL TEMPERATURE AND HUMIDITY )		
INSULATION CLASS B 130°C[266°F]		
DIELECTRIC STRENGTH 500VAC FOR 1MIN.(BETWEEN THE MOTOR COILS AND THE MOTOR CASE )		
AMBIENT HUMIDITY MAX.85%(NO CONDENSATION)		

TYPE OF CONNECTION (EXTERN)		MOTOR	
PIN NO	BIPOLAR	LEADS	WINDING
1	A —	BLK	A
2	A\ —	GRN	A\
3	B —	RED	B
4	B\ —	BLU	B\

FULL STEP 2 PHASE-Ex. .  
WHEN FACING MOUNTING END (X)

STEP	A	B	A\	B\	
1	+	+	-	-	↓ CCW ↑
2	-	+	+	-	
3	-	-	+	+	↓ CW ↑
4	+	-	-	+	





APVD

CHKD

DRN

SCALE: 1:1.5

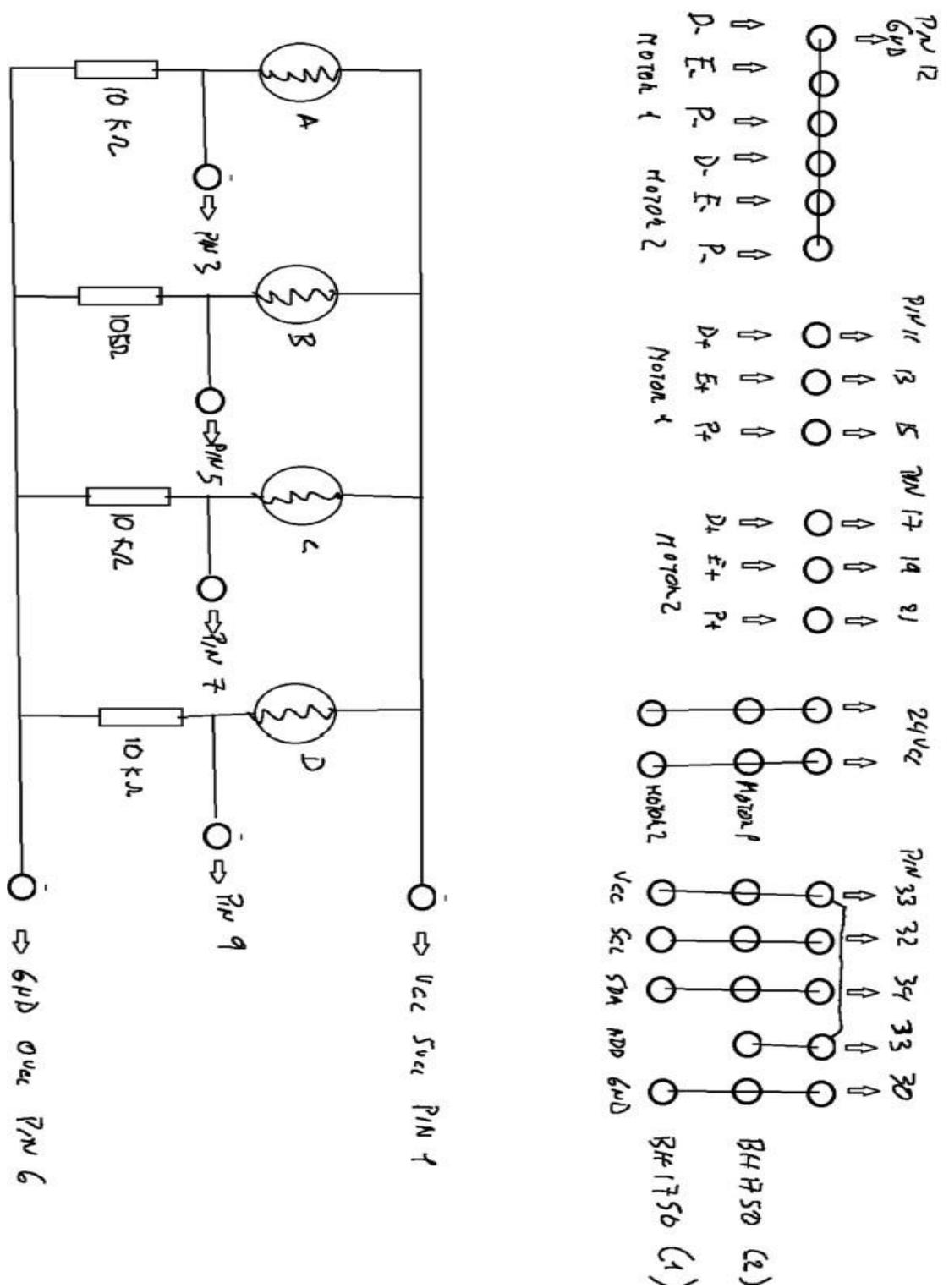
SIGNATURE

DATE

**STEPPER MOTOR**

**23HS22-2804S**

ANEXO D: CIRCUITO DE PLACA DE CONTROL



## ANEXO E: DATA SHEET TARJETA MYRIO

**Cotización:** AUT-138-22  
**Fecha:** 27 de julio de 2022  
**Cliente:** ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO  
**Nombre:** Sr. Darwin Huaraca  
**Teléfono:** +593 99 875 9947  
**Email:** [darwin.huaraca@esPOCH.edu.ec](mailto:darwin.huaraca@esPOCH.edu.ec)  
**Ref:** Sistema Embebido NI myRIO

A continuación, encontrará la cotización por un sistema embebido NI myRIO para aplicaciones de adquisición y procesamiento de datos, sistemas de tiempo real, y FPGA.

Información y especificaciones completas: [www.ni.com/myrio](http://www.ni.com/myrio)

NI myRIO ofrece a los profesores una solución embebida y habilitada por WiFi para brindar un enfoque atractivo para aprender sobre automatización, control, investigar sobre mecatrónica y diseñar proyectos imaginativos.



### ESPECIFICACIONES GENERALES

- Procesador + FPGA SoC (System On A Chip)
  - o Xilinx Z-7010, 667 MHz, 2 núcleos
- Comunicaciones Wireless IEEE 802.11 b,g,n (WiFi) y USB 2.0
- Entradas Analógicas: 10
  - o Sample rate 500 kS/s, Resolution 12 bits
  - o 8 SE, 0 V to +5 V, 2 Diff  $\pm 10$  V
  - o 1 Audio input 2ch  $\pm 2.5$ V AC-coupled (compartido con las 2 Diff)
- Salidas Analógicas: 6
  - o 345 kS/s 0-5V,  $\pm 10$  V, Single-ended
  - o 1 stereo output 2 AC-coupled, single-ended channels
- Entradas/Salidas Digitales: 40 individualmente programables 3.3 V LVTTTL
  - MXP connectors
    - 2 ports of 16 DIO lines (one port per connector)
    - one UART.RX and one UART.TX line per connector
  - MSP connector
    - 1 port of 8 DIO lines
  - o Minimum pulse width: 20 ns
  - o Maximum frequencies for secondary digital functions
    - SPI: 4 MHz
    - PWM: 100 kHz
    - Quadrature encoder input: 100 kHz
    - I2C: 400 kHz
- Acelerómetro 3 ejes  $\pm 8$  g 12 bits 800 S/s
- Power Output
  - o +5 V power output 100 mA
  - o +3.3 V power output 150 mA
  - o +15 power output 32 mA
  - o -15 V power output 32 mA

## ANEXO F: DATASHEET DE INVERSO DC – AC

### **INVERSOR TRANSFORMADOR CONVERTIDOR PARA AUTO 12V A 110V 1000W**



#### **Información Básica**

<b>Potencia total</b>	1000W
<b>Voltaje entrada</b>	12V
<b>Voltaje salida</b>	110V
<b>Eficiencia</b>	50Hz
<b>Enfriamiento</b>	Ventilador inteligente integrado
<b>Certificación</b>	IP65
<b>Material</b>	aluminio fundido a presión (cuerpo) + acero inoxidable S304 (cubierta)
<b>Tipo de garantía</b>	3 Meses por falla de fabrica
<b>País de origen</b>	China

## ANEXO G: INTERFAS DE USUARIO – PROGRAMA

The interface is set against a light gray grid background. At the top, there are four input fields: 'Fecha' (empty), 'Hora' (empty), 'Hora de inicio' (06:30), and 'Hora de terminación' (18:30). Below these are two columns of controls for Motor 1 and Motor 2. Each column includes a 'Pasos' field (both set to 0), a 'Motor' status indicator (a slider at 0 and three green LEDs), and a 'Sentido' dropdown menu (both set to 'Izquierda'). In the center, there are two large circular gauges. The left gauge is labeled 'Period' and has a scale from 0 to 2000 in increments of 100. The right gauge is labeled 'Period 2' and has a scale from 0 to 2000 in increments of 100. Below the gauges are four 'VR' (Variable Read) input fields, all set to 0: VR1, VR2, VR3, and VR4. At the bottom, there are two buttons: 'Detener' with a red 'STOP' label and 'stop' with a red 'STOP' label.

**ANEXO H: VALORES MEDIDOS CON EL SISTEMA FOTOVOLTAICO POR DIAS**

11 de mayo de 2023

<b>Hora</b>	<b>LX1 (Prom)</b>	<b>LX2 (prom)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Amperale (</b>	<b>Potencia(W)</b>
6:00	95,54	103,56	6,34	0,18	1,14
6:15	107,43	165,30	8,40	0,18	1,51
6:30	171,75	325,27	9,90	0,19	1,88
6:45	315,83	576,50	14,50	0,21	3,05
7:00	534,00	1022,67	12,80	0,20	2,56
7:15	465,25	540,75	11,50	0,19	2,19
7:30	463,00	512,58	11,00	0,19	2,09
7:45	654,75	789,70	12,60	0,19	2,39
8:00	552,50	598,25	11,00	0,15	1,65
8:15	804,08	932,42	16,00	0,22	3,52
8:30	1441,08	1838,08	17,70	0,49	8,67
8:45	1408,67	1757,00	19,70	0,58	11,43
9:00	1668,50	2346,92	21,00	0,58	12,18
9:15	3177,33	4471,17	21,00	1,70	35,70
9:30	5461,25	5461,25	21,50	1,34	28,81
9:45	2116,00	2552,33	19,30	0,97	18,72
10:00	5461,25	5461,25	20,50	1,94	39,77
10:15	2055,42	3114,58	20,00	0,81	16,20
10:30	2142,00	2462,17	19,50	0,80	15,60
10:45	2201,75	2503,34	19,30	0,79	15,25
11:00	2150,65	2403,34	19,40	0,72	13,97
11:15	1334,33	2018,92	18,90	0,60	11,34
11:30	1508,33	2388,33	20,70	0,68	14,08
11:45	1351,00	1981,17	17,90	0,59	10,56
12:00	1723,50	2537,33	19,90	0,77	15,32
12:15	2255,75	3325,92	20,80	0,97	20,18
12:30	2032,67	2769,58	20,50	0,82	16,81
12:45	4114,00	5461,00	21,00	1,67	35,07
13:00	3330,50	4886,58	20,50	1,35	27,68
13:15	5461,25	5461,25	21,00	2,66	55,86
13:30	5336,42	5461,24	19,30	0,85	16,41
13:45	1214,58	1878,25	17,30	0,46	7,96
14:00	817,33	952,25	17,50	0,27	4,73
14:15	595,92	546,67	17,40	0,16	2,78
14:30	462,33	543,00	14,40	0,16	2,30
14:45	156,42	570,75	13,80	0,08	1,10
15:00	684,56	837,42	13,60	0,11	1,50
15:15	678,75	725,00	16,10	0,08	1,29
15:30	265,83	362,67	16,60	0,10	1,66
15:45	559,25	765,08	16,90	0,14	2,37
16:00	389,67	465,33	14,60	0,10	1,46
16:15	431,33	554,50	17,60	0,11	1,94
16:30	421,33	559,00	17,50	0,10	1,75
16:45	349,91	450,30	15,90	0,07	1,11
17:00	124,58	171,08	15,00	0,03	0,45
17:15	80,58	106,66	15,50	0,02	0,31
17:30	69,16	86,75	13,90	0,02	0,28
17:45	61,75	65,25	15,90	0,02	0,32
18:00	31,16	30,00	14,48	0,02	0,29

12 de mayo de 2023

Hora	LX1 (Prom)	LX2 (prom)	Voltaje (V)	Amperale (	Potencia(W)
6:00					0
6:15					0
6:30	301,23	345,56	16,8	0,11	1,848
6:45	321,833	365	17,1	0,12	2,052
7:00	276	385	16,6	0,1	1,66
7:15	365,25	307	16,5	0,1	1,65
7:30	734,25	426,42	17,8	0,14	2,492
7:45	574,5	401	18,8	0,14	2,632
8:00	733,583	761,187	18,6	0,23	4,278
8:15	934,45	975,67	19	0,29	5,51
8:30	965	1012,5	19,7	0,32	6,304
8:45	980,667	1038,38	20,8	0,32	6,656
9:00	3438	4794	21,1	0,86	18,146
9:15	2344,45	5461	20,8	1,2	24,96
9:30	1334,33	2018,92	18,7	0,6	11,22
9:45	1125,42	5461,25	19,6	0,98	19,208
10:00	2660,33	3939,25	20,1	1,1	22,11
10:15	2201,75	2503,34	20	0,32	6,4
10:30	1508,33	2388,33	20	0,32	6,4
10:45	1408,67	1757	19,7	0,32	6,304
11:00	1408,67	1757	19	0,29	5,51
11:15	1508,33	2388,33	19,8	0,9	17,82
11:30	1334,33	2018,92	20,67	0,98	20,2566
11:45	2206,17	2141	20,8	1,2	24,96
12:00	2495	3695	20,9	1,15	24,035
12:15	5461	5461	21,5	3,08	66,22
12:30	2344,45	5461	20,8	3,2	66,56
12:45	1125,42	5461,25	20,5	3,3	67,65
13:00	2660,33	3939,25	19,8	1,1	21,78
13:15	5461	5461	21,4	3,04	65,056
13:30	2725,5	4717,83	20,9	2,56	53,504
13:45	1317,58	1959,67	19,8	1,15	22,77
14:00	1484,33	2214,58	21,5	0,95	20,425
14:15	2164,83	4017,33	20,4	0,91	18,564
14:30	798,25	1653	17,9	0,34	6,086
14:45	1240	5461,25	21,3	2,43	51,759
15:00	788,833	1018,67	19,9	1,1	21,89
15:15	603,667	780,333	17,7	0,26	4,602
15:30	768,167	1512,5	19,5	0,56	10,92
15:45	532,667	3346,25	20,4	0,34	6,936
16:00	655,75	646,667	16,4	0,19	3,116
16:15	402,34	608,667	18,6	0,19	3,534
16:30	420,417	363,417	15,7	0,12	1,884
16:45	443,083	302,75	16,9	0,14	2,366
17:00	442,917	453,5	19,8	0,14	2,772
17:15	306,583	318,833	16,87	0,1	1,687
17:30	143,16	102	17,8	0,1	1,78
17:45	71,83	56,25	17,4	0,1	1,74
18:00	27,75	20,58	15	0,1	1,5

13 de mayo de 2023

<b>Hora</b>	<b>LX1 (Prom)</b>	<b>LX2 (prom)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Amperale (</b>	<b>Potencia(W)</b>
6:00	207,30	371,30	6,34	0,27	1,72
6:15	239,19	428,42	8,40	0,24	1,98
6:30	302,98	542,66	9,90	0,25	2,51
6:45	430,55	771,15	14,50	0,25	3,56
7:00	414,60	742,59	12,80	0,27	3,43
7:15	2333,18	2667,27	11,50	0,79	9,09
7:30	2555,39	2921,30	11,00	0,90	9,95
7:45	2999,81	3429,35	12,60	0,93	11,69
8:00	3222,01	3683,38	11,00	1,14	12,55
8:15	884,93	1143,00	16,00	0,37	5,95
8:30	969,21	1251,85	17,70	0,37	6,52
8:45	1137,77	1469,57	19,70	0,39	7,65
9:00	1222,05	1578,42	21,00	0,39	8,22
9:15	1493,29	1652,62	21,00	0,54	11,33
9:30	1635,51	1810,01	21,50	0,58	12,41
9:45	1919,95	2124,80	19,30	0,75	14,56
10:00	2062,17	2282,19	20,50	0,76	15,64
10:15	1768,28	2168,19	20,00	0,63	12,62
10:30	1936,69	2374,68	19,50	0,71	13,82
10:45	2273,50	2787,67	19,30	0,84	16,22
11:00	2441,91	2994,16	19,40	0,90	17,43
11:15	1544,09	2329,18	18,90	0,71	13,39
11:30	1691,15	2551,01	20,70	0,71	14,66
11:45	1985,26	2994,67	17,90	0,96	17,21
12:00	2132,31	3216,49	19,90	0,93	18,49
12:15	1526,21	2138,91	20,80	0,62	12,97
12:30	1671,57	2342,61	20,50	0,69	14,21
12:45	1962,27	2750,02	21,00	0,79	16,68
13:00	2107,63	2953,73	20,50	0,87	17,92
13:15	6616,84	7093,09	21,00	2,09	43,81
13:30	7247,02	7768,62	19,30	2,49	47,98
13:45	8507,37	9119,68	17,30	3,26	56,33
14:00	9137,54	9795,21	17,50	3,46	60,50
14:15	2651,33	3487,00	17,40	0,62	10,73
14:30	2903,84	3819,09	14,40	0,82	11,75
14:45	3408,86	4483,28	13,80	1,00	13,80
15:00	3661,37	4815,38	13,60	1,09	14,82
15:15	5314,75	6506,49	16,10	1,18	19,01
15:30	5820,92	7126,15	16,60	1,25	20,82
15:45	6833,25	8365,48	16,90	1,45	24,45
16:00	7339,42	8985,15	14,60	1,80	26,26
16:15	2440,76	3190,60	17,60	0,55	9,65
16:30	2673,21	3494,47	17,50	0,60	10,57
16:45	3138,12	4102,20	15,90	0,78	12,41
17:00	3370,57	4406,07	15,00	0,89	13,33
17:15	49,89	58,13	15,50	0,02	0,26
17:30	38,94	45,37	13,90	0,01	0,20
17:45	21,90	25,52	15,90	0,01	0,11
18:00	10,95	12,76	14,48	0,00	0,06

14 de mayo del 2023

<b>Hora</b>	<b>LX1 (Prom)</b>	<b>LX2 (prom)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Amperale (</b>	<b>Potencia(W)</b>
6:00	107,19	192,00	6,34	0,14	0,89
6:15	174,19	311,99	8,40	0,17	1,44
6:30	294,78	527,99	9,90	0,25	2,44
6:45	375,18	671,98	14,50	0,21	3,11
7:00	388,58	695,98	12,80	0,25	3,22
7:15	1922,95	2198,29	11,50	0,65	7,49
7:30	2163,31	2473,08	11,00	0,77	8,43
7:45	1842,82	2106,70	12,60	0,57	7,18
8:00	2083,19	2381,48	11,00	0,74	8,12
8:15	1011,35	1306,28	16,00	0,43	6,80
8:30	1137,77	1469,57	17,70	0,43	7,65
8:45	969,21	1251,85	19,70	0,33	6,52
9:00	1095,63	1415,14	21,00	0,35	7,37
9:15	1688,51	1868,67	21,00	0,61	12,81
9:30	1899,58	2102,25	21,50	0,67	14,41
9:45	1618,16	1790,81	19,30	0,64	12,27
10:00	1829,22	2024,39	20,50	0,68	13,88
10:15	2002,05	2454,83	20,00	0,71	14,29
10:30	2252,30	2761,68	19,50	0,82	16,07
10:45	1918,63	2352,54	19,30	0,71	13,69
11:00	2168,88	2659,39	19,40	0,80	15,48
11:15	1749,02	2638,32	18,90	0,80	15,16
11:30	1967,65	2968,11	20,70	0,82	17,06
11:45	1676,15	2528,39	17,90	0,81	14,53
12:00	1894,77	2858,18	19,90	0,83	16,43
12:15	1728,42	2422,29	20,80	0,71	14,69
12:30	1944,47	2725,08	20,50	0,81	16,53
12:45	1656,40	2321,37	21,00	0,67	14,08
13:00	1872,46	2624,15	20,50	0,78	15,92
13:15	1919,35	2057,50	21,00	0,61	12,71
13:30	2159,27	2314,68	19,30	0,74	14,30
13:45	1839,38	1971,77	17,30	0,70	12,18
14:00	2079,30	2228,95	17,50	0,79	13,77
14:15	2996,71	3941,23	17,40	0,70	12,13
14:30	3371,30	4433,88	14,40	0,95	13,65
14:45	2871,84	3777,01	13,80	0,84	11,63
15:00	3246,43	4269,66	13,60	0,97	13,14
15:15	2985,51	3654,96	16,10	0,66	10,68
15:30	3358,70	4111,83	16,60	0,72	12,02
15:45	2861,11	3502,67	16,90	0,61	10,24
16:00	3234,30	3959,54	14,60	0,79	11,57
16:15	839,74	1097,72	17,60	0,19	3,32
16:30	944,70	1234,93	17,50	0,21	3,74
16:45	804,75	1051,98	15,90	0,20	3,18
17:00	909,72	1189,19	15,00	0,24	3,60
17:15	73,55	85,70	15,50	0,02	0,38
17:30	75,72	88,22	13,90	0,03	0,39
17:45	43,27	50,41	15,90	0,01	0,22
18:00	23,80	27,73	14,48	0,01	0,12

15 de mayo del 2023

<b>Hora</b>	<b>LX1 (Prom).</b>	<b>LX2 (prom)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Amperale (A)</b>	<b>Potencia(W)</b>
6:00	133,99	239,99	6,34	0,17	1,11
6:15	200,99	359,99	8,40	0,20	1,66
6:30	267,98	479,99	9,90	0,22	2,22
6:45	321,58	575,99	14,50	0,18	2,66
7:00	415,38	743,98	12,80	0,27	3,44
7:15	2003,07	2289,89	11,50	0,68	7,80
7:30	1762,70	2015,10	11,00	0,62	6,87
7:45	2483,81	2839,46	12,60	0,77	9,68
8:00	1762,70	2015,10	11,00	0,62	6,87
8:15	1039,31	1342,38	16,00	0,44	6,99
8:30	914,59	1181,30	17,70	0,35	6,15
8:45	1288,74	1664,56	19,70	0,44	8,67
9:00	914,59	1181,30	21,00	0,29	6,15
9:15	1758,87	1946,53	21,00	0,64	13,34
9:30	1547,80	1712,95	21,50	0,55	11,74
9:45	2181,00	2413,70	19,30	0,86	16,54
10:00	1547,80	1712,95	20,50	0,57	11,74
10:15	2085,46	2557,11	20,00	0,74	14,88
10:30	1835,21	2250,26	19,50	0,67	13,10
10:45	2585,98	3170,82	19,30	0,96	18,45
11:00	1835,21	2250,26	19,40	0,68	13,10
11:15	1821,90	2748,25	18,90	0,84	15,80
11:30	1603,27	2418,46	20,70	0,67	13,90
11:45	2259,15	3407,83	17,90	1,09	19,59
12:00	1603,27	2418,46	19,90	0,70	13,90
12:15	1800,44	2523,22	20,80	0,74	15,30
12:30	1584,39	2220,44	20,50	0,66	13,47
12:45	2232,55	3128,80	21,00	0,90	18,98
13:00	1584,39	2220,44	20,50	0,66	13,47
13:15	1979,28	2121,74	21,00	0,62	13,11
13:30	1741,77	1867,13	19,30	0,60	11,53
13:45	2454,31	2630,96	17,30	0,94	16,25
14:00	1741,77	1867,13	17,50	0,66	11,53
14:15	2591,29	3408,03	17,40	0,60	10,49
14:30	2280,33	2999,06	14,40	0,64	9,23
14:45	3213,20	4225,95	13,80	0,94	13,01
15:00	2280,33	2999,06	13,60	0,68	9,23
15:15	3662,89	4484,23	16,10	0,81	13,10
15:30	3223,34	3946,12	16,60	0,69	11,53
15:45	4541,98	5560,44	16,90	0,96	16,25
16:00	3223,34	3946,12	14,60	0,79	11,53
16:15	1456,36	1903,78	17,60	0,33	5,76
16:30	1281,60	1675,32	17,50	0,29	5,07
16:45	1805,89	2360,68	15,90	0,45	7,14
17:00	1281,60	1675,32	15,00	0,34	5,07
17:15	46,24	53,88	15,50	0,02	0,24
17:30	35,29	41,12	13,90	0,01	0,18
17:45	27,99	32,61	15,90	0,01	0,15
18:00	12,17	14,18	14,48	0,00	0,06

16 de mayo de 2023

<b>Hora</b>	<b>LX1 (Prom)</b>	<b>LX2 (prom)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Amperale (</b>	<b>Potencia(W)</b>
6:00	319,26	571,82	6,34	0,42	2,64
6:15	345,86	619,47	8,40	0,34	2,86
6:30	665,12	1191,29	9,90	0,56	5,51
6:45	798,14	1429,55	14,50	0,46	6,61
7:00	532,09	953,03	12,80	0,34	4,41
7:15	4527,24	5175,50	11,50	1,53	17,64
7:30	4042,18	4620,98	11,00	1,43	15,75
7:45	4203,87	4805,82	12,60	1,30	16,38
8:00	3395,43	3881,62	11,00	1,20	13,23
8:15	2874,42	3712,65	16,00	1,21	19,33
8:30	2566,45	3314,87	17,70	0,98	17,26
8:45	2669,11	3447,46	19,70	0,91	17,95
9:00	2155,82	2784,49	21,00	0,69	14,50
9:15	2826,60	3128,18	21,00	1,02	21,44
9:30	2523,75	2793,02	21,50	0,89	19,14
9:45	2624,70	2904,74	19,30	1,03	19,91
10:00	2119,95	2346,14	20,50	0,78	16,08
10:15	2818,99	3456,53	20,00	1,01	20,12
10:30	2516,95	3086,18	19,50	0,92	17,96
10:45	2617,63	3209,63	19,30	0,97	18,68
11:00	2114,24	2592,39	19,40	0,78	15,09
11:15	2040,53	3078,04	18,90	0,94	17,69
11:30	1821,90	2748,25	20,70	0,76	15,80
11:45	1894,77	2858,18	17,90	0,92	16,43
12:00	1530,39	2308,53	19,90	0,67	13,27
12:15	2886,10	4044,72	20,80	1,18	24,53
12:30	2576,87	3611,35	20,50	1,07	21,90
12:45	2679,95	3755,81	21,00	1,08	22,78
13:00	2164,57	3033,54	20,50	0,90	18,40
13:15	6083,35	6521,20	21,00	1,92	40,28
13:30	5431,56	5822,50	19,30	1,86	35,96
13:45	5648,83	6055,40	17,30	2,16	37,40
14:00	4562,51	4890,90	17,50	1,73	30,21
14:15	17612,01	23163,07	17,40	4,10	71,29
14:30	15725,01	20681,31	14,40	4,42	63,65
14:45	16354,01	21508,56	13,80	4,80	66,20
15:00	13209,01	17372,30	13,60	3,93	53,47
15:15	22793,65	27904,71	16,10	5,06	81,54
15:30	20351,47	24914,92	16,60	4,39	72,81
15:45	21165,53	25911,52	16,90	4,48	75,72
16:00	17095,24	20928,53	14,60	4,19	61,16
16:15	14315,40	18713,32	17,60	3,22	56,62
16:30	12781,61	16708,32	17,50	2,89	50,55
16:45	13292,88	17376,65	15,90	3,31	52,57
17:00	10736,55	14034,99	15,00	2,83	42,46
17:15	192,13	223,86	15,50	0,06	1,00
17:30	178,88	208,42	13,90	0,07	0,93
17:45	159,00	185,26	15,90	0,05	0,83
18:00	132,50	154,38	14,48	0,05	0,69

17 de mayo del 2023

<b>Hora</b>	<b>LX1 (Prom)</b>	<b>LX2 (prom)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Amperale (</b>	<b>Potencia(W)</b>
6:00	1519,98	2722,43	6,34	1,99	12,59
6:15	1114,65	1996,45	8,40	1,10	9,23
6:30	2026,64	3629,91	9,90	1,69	16,78
6:45	2938,62	5263,37	14,50	1,68	24,33
7:00	2533,29	4537,39	12,80	1,64	20,98
7:15	1448,62	1656,05	11,50	0,49	5,64
7:30	1777,85	2032,42	11,00	0,63	6,93
7:45	1580,31	1806,60	12,60	0,49	6,16
8:00	1777,85	2032,42	11,00	0,63	6,93
8:15	2773,77	3582,65	16,00	1,17	18,66
8:30	3404,18	4396,89	17,70	1,29	22,90
8:45	3025,94	3908,35	19,70	1,03	20,35
9:00	3404,18	4396,89	21,00	1,09	22,90
9:15	2201,11	2435,96	21,00	0,80	16,70
9:30	2701,37	2989,59	21,50	0,95	20,49
9:45	2401,21	2657,41	19,30	0,94	18,21
10:00	2701,37	2989,59	20,50	1,00	20,49
10:15	23734,71	29102,50	20,00	8,47	169,38
10:30	29128,96	35716,71	19,50	10,66	207,88
10:45	25892,41	31748,18	19,30	9,57	184,78
11:00	29128,96	35716,71	19,40	10,72	207,88
11:15	21747,97	32805,77	18,90	9,98	188,55
11:30	26690,69	40261,62	20,70	11,18	231,40
11:45	23725,06	35788,11	17,90	11,49	205,69
12:00	26690,69	40261,62	19,90	11,63	231,40
12:15	23699,54	33213,67	20,80	9,69	201,45
12:30	29085,80	40762,24	20,50	12,06	247,23
12:45	25854,04	36233,10	21,00	10,46	219,76
13:00	29085,80	40762,24	20,50	12,06	247,23
13:15	25864,79	27726,40	21,00	8,16	171,26
13:30	31743,15	34027,86	19,30	10,89	210,18
13:45	28216,13	30246,99	17,30	10,80	186,83
14:00	31743,15	34027,86	17,50	12,01	210,18
14:15	32067,20	42174,33	17,40	7,46	129,81
14:30	39355,20	51759,41	14,40	11,06	159,31
14:45	34982,40	46008,36	13,80	10,26	141,61
15:00	39355,20	51759,41	13,60	11,71	159,31
15:15	34346,54	42048,13	16,10	7,63	122,87
15:30	42152,57	51604,52	16,60	9,08	150,80
15:45	37468,95	45870,69	16,90	7,93	134,05
16:00	42152,57	51604,52	14,60	10,33	150,80
16:15	10871,35	14211,20	17,60	2,44	43,00
16:30	13342,11	17441,01	17,50	3,02	52,77
16:45	11859,65	15503,12	15,90	2,95	46,91
17:00	13342,11	17441,01	15,00	3,52	52,77
17:15	160,63	187,15	15,50	0,05	0,83
17:30	136,29	158,79	13,90	0,05	0,71
17:45	107,08	124,77	15,90	0,03	0,56
18:00	82,75	96,41	14,48	0,03	0,43

18 de mayo del 2023

<b>Hora</b>	<b>LX1 (Prom)</b>	<b>LX2 (prom)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Amperale (</b>	<b>Potencia(W)</b>
6:00	368,53	660,08	6,34	0,48	3,05
6:15	623,67	1117,06	8,40	0,61	5,16
6:30	453,58	812,41	9,90	0,38	3,76
6:45	510,28	913,96	14,50	0,29	4,23
7:00	878,81	1574,04	12,80	0,57	7,28
7:15	5572,34	6370,25	11,50	1,89	21,71
7:30	5786,66	6615,26	11,00	2,05	22,54
7:45	5572,34	6370,25	12,60	1,72	21,71
8:00	4500,74	5145,20	11,00	1,59	17,53
8:15	1531,86	1978,57	16,00	0,64	10,30
8:30	1590,77	2054,67	17,70	0,60	10,70
8:45	1531,86	1978,57	19,70	0,52	10,30
9:00	1237,27	1598,08	21,00	0,40	8,32
9:15	1790,30	1981,32	21,00	0,65	13,58
9:30	1859,16	2057,53	21,50	0,66	14,10
9:45	1790,30	1981,32	19,30	0,70	13,58
10:00	1446,01	1600,30	20,50	0,54	10,97
10:15	5822,75	7139,61	20,00	2,08	41,55
10:30	6046,70	7414,21	19,50	2,21	43,15
10:45	5822,75	7139,61	19,30	2,15	41,55
11:00	4702,99	5766,61	19,40	1,73	33,56
11:15	4062,65	6128,31	18,90	1,86	35,22
11:30	4218,90	6364,01	20,70	1,77	36,58
11:45	4062,65	6128,31	17,90	1,97	35,22
12:00	3281,37	4949,79	19,90	1,43	28,45
12:15	2639,19	3698,69	20,80	1,08	22,43
12:30	2740,70	3840,94	20,50	1,14	23,30
12:45	2639,19	3698,69	21,00	1,07	22,43
13:00	2131,65	2987,40	20,50	0,88	18,12
13:15	2017,08	2162,26	21,00	0,64	13,36
13:30	2094,66	2245,42	19,30	0,72	13,87
13:45	2017,08	2162,26	17,30	0,77	13,36
14:00	1629,18	1746,44	17,50	0,62	10,79
14:15	2629,61	3458,43	17,40	0,61	10,64
14:30	2730,75	3591,44	14,40	0,77	11,05
14:45	2629,61	3458,43	13,80	0,77	10,64
15:00	2123,92	2793,35	13,60	0,63	8,60
15:15	2615,27	3201,70	16,10	0,58	9,36
15:30	2715,86	3324,84	16,60	0,59	9,72
15:45	2615,27	3201,70	16,90	0,55	9,36
16:00	2112,34	2585,99	14,60	0,52	7,56
16:15	880,61	1151,14	17,60	0,20	3,48
16:30	914,48	1195,42	17,50	0,21	3,62
16:45	880,61	1151,14	15,90	0,22	3,48
17:00	711,26	929,77	15,00	0,19	2,81
17:15	20,01	23,31	15,50	0,01	0,10
17:30	13,52	15,75	13,90	0,01	0,07
17:45	10,82	12,60	15,90	0,00	0,06
18:00	9,73	11,34	14,48	0,00	0,05

19 de mayo del 2023

Hora	LX1 (Prom)	LX2 (prom)	Voltaje (V)	Amperale (	Potencia(W)
6:00	256,03	458,57	6,34	0,33	2,12
6:15	480,05	859,81	8,40	0,47	3,97
6:30	608,06	1089,10	9,90	0,51	5,03
6:45	864,09	1547,67	14,50	0,49	7,15
7:00	992,10	1776,95	12,80	0,64	8,21
7:15	9644,94	11026,00	11,50	3,27	37,57
7:30	7982,02	9124,96	11,00	2,83	31,09
7:45	8314,60	9505,17	12,60	2,57	32,39
8:00	7316,85	8364,55	11,00	2,59	28,50
8:15	6873,54	8877,99	16,00	2,89	46,23
8:30	5688,45	7347,30	17,70	2,16	38,26
8:45	5925,47	7653,44	19,70	2,02	39,86
9:00	5214,41	6735,03	21,00	1,67	35,07
9:15	16513,19	18275,09	21,00	5,96	125,26
9:30	13666,09	15124,21	21,50	4,82	103,66
9:45	14235,51	15754,39	19,30	5,59	107,98
10:00	12527,25	13863,86	20,50	4,64	95,02
10:15	4577,59	5612,85	20,00	1,63	32,67
10:30	3788,35	4645,12	19,50	1,39	27,04
10:45	3946,20	4838,66	19,30	1,46	28,16
11:00	3472,65	4258,02	19,40	1,28	24,78
11:15	5704,03	8604,25	18,90	2,62	49,45
11:30	4720,58	7120,76	20,70	1,98	40,93
11:45	4917,27	7417,46	17,90	2,38	42,63
12:00	4327,20	6527,37	19,90	1,89	37,52
12:15	14800,81	20742,57	20,80	6,05	125,81
12:30	12248,95	17166,26	20,50	5,08	104,12
12:45	12759,32	17881,52	21,00	5,16	108,46
13:00	11228,20	15735,74	20,50	4,66	95,44
13:15	2757,75	2956,24	21,00	0,87	18,26
13:30	2282,27	2446,54	19,30	0,78	15,11
13:45	2377,37	2548,48	17,30	0,91	15,74
14:00	2092,09	2242,66	17,50	0,79	13,85
14:15	2933,03	3857,48	17,40	0,68	11,87
14:30	2427,33	3192,39	14,40	0,68	9,83
14:45	2528,47	3325,41	13,80	0,74	10,24
15:00	2225,06	2926,36	13,60	0,66	9,01
15:15	2917,04	3571,13	16,10	0,65	10,44
15:30	2414,10	2955,42	16,60	0,52	8,64
15:45	2514,69	3078,56	16,90	0,53	9,00
16:00	2212,92	2709,13	14,60	0,54	7,92
16:15	982,21	1283,97	17,60	0,22	3,88
16:30	812,87	1062,59	17,50	0,18	3,21
16:45	846,74	1106,87	15,90	0,21	3,35
17:00	745,13	974,04	15,00	0,20	2,95
17:15	21,63	25,21	15,50	0,01	0,11
17:30	17,31	20,16	13,90	0,01	0,09
17:45	10,28	11,97	15,90	0,00	0,05
18:00	4,87	5,67	14,48	0,00	0,03

**ANEXO I: POTENCIA ESPERADA EN M2**

<b>Jueves 11 de mayo de 2023</b>		
<b>Hora</b>	<b>Radiación solar (Wh/m2)</b>	<b>Transformando (Wh/cm2)</b>
6:00- 7:00	49	13,76
7:00- 8:00	103	28,92
8:00-9:00	217	60,93
9:00-10:00	184	51,67
10:00-11:00	214	60,09
11:00-12:00	223	62,62
12:00-13:00	220	61,78
13:00-14:00	210	58,97
14:00-15:00	180	50,54
15:00-16:00	105	29,48
16:00-17:00	78	21,90
17:00-18:00	4	1,12
<b>Total</b>	<b>1787</b>	<b>501,79</b>

<b>Viernes 12 de mayo de 2023</b>		
<b>Hora</b>	<b>Radiación solar (Wh/m2)</b>	<b>Transformando (Wh/cm2)</b>
6:00- 7:00	55	15,44
7:00- 8:00	136	38,19
8:00-9:00	233	65,43
9:00-10:00	188	52,79
10:00-11:00	214	60,09
11:00-12:00	225	63,18
12:00-13:00	220	61,78
13:00-14:00	199	55,88
14:00-15:00	165	46,33
15:00-16:00	118	33,13
16:00-17:00	62	17,41
17:00-18:00	2	0,56
<b>Total</b>	<b>1817</b>	<b>510,21</b>

<b>Sabado 13 de mayo de 2023</b>		
<b>Hora</b>	<b>Radiación solar (wh/m2)</b>	<b>Transformando (W/cm2)</b>
6:00- 7:00	48	13,48
7:00- 8:00	126	35,38
8:00-9:00	148	41,56
9:00-10:00	188	52,79
10:00-11:00	214	60,09
11:00-12:00	225	63,18
12:00-13:00	220	61,78
13:00-14:00	395	110,92
14:00-15:00	181	50,82
15:00-16:00	184	51,67
16:00-17:00	113	31,73
17:00-18:00	3	0,84
<b>Total</b>	<b>2045</b>	<b>574,24</b>

<b>Domingo 14 de mayo de 2023</b>		
<b>Hora</b>	<b>Radiación solar (Wh/m2)</b>	<b>Transformando (Wh/cm2)</b>
6:00- 7:00	44	12,36
7:00- 8:00	107	30,05
8:00-9:00	148	41,56
9:00-10:00	187	52,51
10:00-11:00	213	59,81
11:00-12:00	224	62,90
12:00-13:00	219	61,50
13:00-14:00	199	55,88
14:00-15:00	180	50,54
15:00-16:00	129	36,22
16:00-17:00	62	17,41
17:00-18:00	4	1,12
<b>Total</b>	<b>1716</b>	<b>481,85</b>

<b>Lunes 15 de mayo de 2023</b>		
<b>Hora</b>	<b>Radiación solar (Wh/m2)</b>	<b>Transformando (Wh/cm2)</b>
6:00- 7:00	44	12,36
7:00- 8:00	107	30,05
8:00-9:00	147	41,28
9:00-10:00	187	52,51
10:00-11:00	213	59,81
11:00-12:00	224	62,90
12:00-13:00	219	61,50
13:00-14:00	198	55,60
14:00-15:00	164	46,05
15:00-16:00	140	39,31
16:00-17:00	80	22,46
17:00-18:00	3	0,84
<b>Total</b>	<b>1726</b>	<b>484,66</b>

<b>Martes 16 de mayo de 2023</b>		
<b>Hora</b>	<b>Radiación solar (Wh/m2)</b>	<b>Transformando (Wh/cm2)</b>
6:00- 7:00	62	17,41
7:00- 8:00	152	42,68
8:00-9:00	231	64,86
9:00-10:00	224	62,90
10:00-11:00	234	65,71
11:00-12:00	224	62,90
12:00-13:00	262	73,57
13:00-14:00	328	92,10
14:00-15:00	404	113,44
15:00-16:00	330	92,66
16:00-17:00	237	66,55
17:00-18:00	7	1,97
<b>Total</b>	<b>2695</b>	<b>756,76</b>

<b>Miercoles 17 de mayo de 2023</b>		
<b>Hora</b>	<b>Radiación solar (Wh/m2)</b>	<b>Transformando (Wh/cm2)</b>
6:00- 7:00	121	33,98
7:00- 8:00	97	27,24
8:00-9:00	256	71,88
9:00-10:00	223	62,62
10:00-11:00	766	215,09
11:00-12:00	825	231,66
12:00-13:00	847	237,84
13:00-14:00	763	214,25
14:00-15:00	615	172,69
15:00-16:00	457	128,33
16:00-17:00	233	65,43
17:00-18:00	6	1,68
<b>Total</b>	<b>5209</b>	<b>1462,69</b>

<b>Jueves 18 de mayo de 2023</b>		
<b>Hora</b>	<b>Radiación solar (Wh/m2)</b>	<b>Transformando (Wh/cm2)</b>
6:00- 7:00	64	17,97
7:00- 8:00	175	49,14
8:00-9:00	175	49,14
9:00-10:00	185	51,95
10:00-11:00	349	98,00
11:00-12:00	328	92,10
12:00-13:00	260	73,01
13:00-14:00	196	55,04
14:00-15:00	162	45,49
15:00-16:00	116	32,57
16:00-17:00	61	17,13
17:00-18:00	2	0,56
<b>Total</b>	<b>2073</b>	<b>582,10</b>

<b>Viernes 19 de mayo de 2023</b>		
<b>Hora</b>	<b>Radiación solar (Wh/m2)</b>	<b>Transformando (Wh/cm2)</b>
6:00- 7:00	68	19,09
7:00- 8:00	218	61,21
8:00-9:00	351	98,56
9:00-10:00	532	149,39
10:00-11:00	293	82,27
11:00-12:00	368	103,33
12:00-13:00	583	163,71
13:00-14:00	217	60,93
14:00-15:00	162	45,49
15:00-16:00	116	32,57
16:00-17:00	61	17,13
17:00-18:00	2	0,56
<b>Total</b>	<b>2971</b>	<b>834,26</b>

**ANEXO J: DIFERENCIA DE LUXES, SENSOR FIJO Y SENSOR MOVIL**

11 de mayo de 2023

	Prpm. Radiacion Horas			
<b>Hora</b>	<b>Fijo (h)</b>	<b>Movil (h)</b>	<b>Diferencia LX</b>	<b>Energia Solar obt. (Wh)</b>
6:00- 7:00	1224,55	2193,30	968,75	10,14
7:00- 8:00	2135,50	2441,28	305,78	8,32
8:00-9:00	5322,33	6874,42	1552,08	35,80
9:00-10:00	16215,83	17946,00	1730,17	123,00
10:00-11:00	8549,82	10483,43	1933,61	61,02
11:00-12:00	5917,16	8925,75	3008,59	51,30
12:00-13:00	11732,92	16443,08	4710,16	99,73
13:00-14:00	12829,58	13752,99	923,41	84,95
14:00-15:00	1899,23	2497,84	598,61	7,69
15:00-16:00	1893,50	2318,08	424,58	6,77
16:00-17:00	1327,16	1734,88	407,72	5,25
17:00-18:00	260,65	303,69	43,04	1,35
<b>TOTAL</b>	<b>69308,235</b>	<b>85914,743</b>	<b>16606,508</b>	<b>495,3165</b>

12 de mayo 2023

	Prpm. Radiacion Horas			
<b>Hora</b>	<b>Fijo (h)</b>	<b>Movil (h)</b>	<b>Diferencia LX</b>	<b>Energia Solar obt. (Wh)</b>
6:00- 7:00	899,063	1095,56	196,497	5,56
7:00- 8:00	2407,583	1895,607	-511,976	11,052
8:00-9:00	6318,117	7820,55	1502,433	36,616
9:00-10:00	7464,53	16880,42	9415,89	77,498
10:00-11:00	6527,42	8405,67	1878,25	24,614
11:00-12:00	7543,83	10243,25	2699,42	87,0716
12:00-13:00	11591,2	20322,5	8731,3	222,21
13:00-14:00	10988,41	14353,08	3364,67	161,755
14:00-15:00	4991,913	12150,25	7158,337	98,299
15:00-16:00	2560,251	6285,75	3725,499	25,574
16:00-17:00	1708,757	1728,334	19,577	10,556
17:00-18:00	549,323	497,663	-51,66	6,707
<b>TOTAL</b>	<b>63550,397</b>	<b>101678,63</b>	<b>38128,237</b>	<b>767,5126</b>

13 de mayo de 2023

	Prpm. Radiacion Horas			
<b>Hora</b>	<b>Fijo (h)</b>	<b>movil (h)</b>	<b>Diferencia LX</b>	<b>Energia Solar obt. (Wh)</b>
6:00- 7:00	1594,62	2856,13	1261,51	13,20
7:00- 8:00	11110,39	12701,29	1590,90	43,28
8:00-9:00	4213,97	5442,84	1228,87	28,34
9:00-10:00	7110,92	7869,62	758,71	53,94
10:00-11:00	8420,37	10324,71	1904,33	60,09
11:00-12:00	7352,81	11091,36	3738,55	63,75
12:00-13:00	7267,68	10185,28	2917,60	61,78
13:00-14:00	31508,77	33776,60	2267,84	208,63
14:00-15:00	12625,40	16604,75	3979,35	51,11
15:00-16:00	25308,33	30983,27	5674,93	90,54
16:00-17:00	11622,67	15193,33	3570,66	45,97
17:00-18:00	121,69	141,78	20,09	0,63
<b>TOTAL</b>	<b>128257,62</b>	<b>157170,97</b>	<b>28913,35</b>	<b>721,26</b>

14 de mayo 2023

Hora	Prpm. Radiacion Horas		Diferencia	Energia Solar obt. (Wh)
	Fijo (h)	Movil (h)		
6:00- 7:00	1339,92	2399,94	1060,02	11,09
7:00- 8:00	8012,28	9159,56	1147,28	31,21
8:00-9:00	4213,97	5442,84	1228,87	28,34
9:00-10:00	7035,47	7786,13	750,66	53,37
10:00-11:00	8341,86	10228,44	1886,58	59,53
11:00-12:00	7287,59	10992,98	3705,39	63,18
12:00-13:00	7201,76	10092,89	2891,13	61,22
13:00-14:00	7997,30	8572,90	575,60	52,95
14:00-15:00	12486,28	16421,78	3935,50	50,54
15:00-16:00	12439,63	15228,99	2789,36	44,50
16:00-17:00	3498,91	4573,82	1074,92	13,84
17:00-18:00	216,33	252,05	35,72	1,12
<b>TOTAL</b>	<b>80071,30</b>	<b>101152,34</b>	<b>21081,03</b>	<b>470,91</b>

15 de mayo 2023

Hora	Prpm. Radiacion Horas		Diferencia LX	Energia Solar obt. (Wh)
	Fijo (h)	Movil (h)		
6:00- 7:00	1339,92	2399,94	1060,02	11,09
7:00- 8:00	8012,28	9159,56	1147,28	31,21
8:00-9:00	4157,22	5369,54	1212,32	27,96
9:00-10:00	7035,47	7786,13	750,66	53,37
10:00-11:00	8341,86	10228,44	1886,58	59,53
11:00-12:00	7287,59	10992,98	3705,39	63,18
12:00-13:00	7201,76	10092,89	2891,13	61,22
13:00-14:00	7917,13	8486,96	569,83	52,42
14:00-15:00	10365,15	13632,11	3266,95	41,96
15:00-16:00	14651,56	17936,91	3285,35	52,42
16:00-17:00	5825,44	7615,11	1789,67	23,04
17:00-18:00	121,69	141,78	20,09	0,63
<b>TOTAL</b>	<b>82257,08</b>	<b>103842,35</b>	<b>21585,27</b>	<b>478,03</b>

16 de mayo de 2023

Hora	Prpm. Radiacion Horas		Diferencia LX	Energia Solar obt. (Wh)
	Fijo (h)	Movil (h)		
6:00- 7:00	2660,47	4765,17	2104,70	22,03
7:00- 8:00	16168,72	18483,92	2315,20	62,99
8:00-9:00	10265,79	13259,47	2993,68	69,05
9:00-10:00	10094,99	11172,09	1077,10	76,57
10:00-11:00	10067,82	12344,74	2276,92	71,85
11:00-12:00	7287,59	10992,98	3705,39	63,18
12:00-13:00	10307,49	14445,41	4137,92	87,61
13:00-14:00	21726,26	23290,00	1563,74	143,86
14:00-15:00	62900,03	82725,24	19825,22	254,62
15:00-16:00	81405,88	99659,68	18253,79	291,23
16:00-17:00	51126,44	66833,29	15706,84	202,21
17:00-18:00	662,52	771,92	109,40	3,44
<b>TOTAL</b>	<b>284674,00</b>	<b>358743,91</b>	<b>74069,91</b>	<b>1348,63</b>

17 de mayo de 2023

Hora	Prpm. Radiacion Horas		Diferencia LX	Energia Solar obt. (Wh)
	Fijo (h)	Movil (h)		
6:00- 7:00	10133,18	18149,56	8016,38	83,90
7:00- 8:00	6584,64	7527,49	942,86	25,65
8:00-9:00	12608,07	16284,79	3676,73	84,80
9:00-10:00	10005,06	11072,56	1067,50	75,89
10:00-11:00	107885,04	132284,10	24399,06	769,91
11:00-12:00	98854,42	149117,11	50262,70	857,04
12:00-13:00	107725,17	150971,25	43246,08	915,67
13:00-14:00	117567,22	126029,11	8461,88	778,44
14:00-15:00	145759,99	191701,52	45941,53	590,03
15:00-16:00	156120,64	191127,86	35007,22	558,52
16:00-17:00	49415,22	64596,35	15181,13	195,44
17:00-18:00	486,75	567,12	80,37	2,53
<b>TOTAL</b>	<b>823145,38</b>	<b>1059428,82</b>	<b>236283,44</b>	<b>4937,84</b>

18 de mayo de 2023

Hora	Prpm. Radiacion Horas		Diferencia LX	Energia Solar obt. (Wh)
	Fijo (h)	Movil (h)		
6:00- 7:00	2834,88	5077,56	2242,68	23,47
7:00- 8:00	21432,09	24500,95	3068,87	83,49
8:00-9:00	5891,75	7609,89	1718,14	39,63
9:00-10:00	6885,78	7620,47	734,69	52,23
10:00-11:00	22395,18	27460,03	5064,85	159,82
11:00-12:00	15625,57	23570,42	7944,85	135,47
12:00-13:00	10150,72	14225,72	4074,99	86,28
13:00-14:00	7757,99	8316,37	558,38	51,37
14:00-15:00	10113,89	13301,64	3187,76	40,94
15:00-16:00	10058,75	12314,24	2255,49	35,99
16:00-17:00	3386,95	4427,47	1040,52	13,40
17:00-18:00	54,08	63,01	8,93	0,28
<b>TOTAL</b>	<b>116587,64</b>	<b>148487,78</b>	<b>31900,14</b>	<b>722,36</b>

19 de mayo de 2023

Hora	Prpm. Radiacion Horas		Diferencia LX	Energia Solar obt. (Wh)
	Fijo (h)	Movil (h)		
6:00- 7:00	3200,32	5732,09	2531,78	26,50
7:00- 8:00	33258,40	38020,68	4762,28	129,56
8:00-9:00	23701,88	30613,75	6911,88	159,42
9:00-10:00	56942,05	63017,56	6075,51	431,92
10:00-11:00	15784,79	19354,65	3569,86	112,65
11:00-12:00	19669,07	29669,84	10000,77	170,52
12:00-13:00	51037,27	71526,10	20488,82	433,82
13:00-14:00	9509,48	10193,92	684,44	62,96
14:00-15:00	10113,89	13301,64	3187,76	40,94
15:00-16:00	10058,75	12314,24	2255,49	35,99
16:00-17:00	3386,95	4427,47	1040,52	13,40
17:00-18:00	54,08	63,01	8,93	0,28
<b>TOTAL</b>	<b>236716,92</b>	<b>298234,96</b>	<b>61518,04</b>	<b>1617,96</b>