

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA EL LTI-ESFOT**

#### **GENERACIÓN DE ENERGÍA MEDIANTE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR  
EN ELECTROMECAÁNICA**

**LUIS EDUARDO TAPIA TOAPANTA**

**DIRECTOR: Ing. ALAN DANIEL CUENCA SÁNCHEZ MSC.**

**DMQ, Enero 2022**

## **CERTIFICACIONES**

Yo, LUIS EDUARDO TAPIA TOAPANTA declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



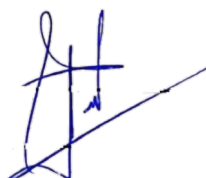
---

**LUIS EDUARDO TAPIA TOAPANTA**

**luis.tapia02@epn.edu.ec**

**eduardo\_tuapanta@hotmail.com**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por LUIS EDUARDO TAPIA TOAPANTA, bajo mi supervisión.



---

**ING. ALAN DANIEL CUENCA SÁNCHEZ MSC.**

**DIRECTOR**

**alan.cuenca@epn.edu.ec**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmo que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

LUIS EDUARDO TAPIA TOAPANTA

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación lo dedico a mis padres Laura y Luis, los cuales siempre estuvieron a mi lado apoyándome incondicionalmente a lo largo de mi carrera de forma económica y emocional para ser una persona de bien, correcta y perseverante en cada momento, a mi madre que siempre estaba presente en cada paso que di a lo largo de mi vida ayudándome con su cariño, amor y amistad para llegar donde estoy ahora, a mi padre que estuvo presente brindándome su apoyo moral en mi vida.

A mi hermana Liliana Estefania por ser parte de mi vida, dándome ánimos para seguir adelante y no rendirme ante las dificultades que se presentaron a lo largo de mi carrera.

A Juan Carlos por ser un gran amigo, compañero que estuvo siempre dándome ánimos y consejos para superar las dificultades que se presentaban.

A mi primo Stalin por siempre ayudarme cuando más lo necesitaba y brindarme su apoyo para seguir adelante.

A mis padrinos Cesar Simbaña y Edelina Caiza, por siempre estar pendiente de mi en cada momento dándome consejos para ser una mejor persona y apoyarme a cada instante para seguir adelante y no rendirme.

**Luis Tapia**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme salud, vida y las fuerzas para que cumpla con mi meta.

A mis padres y hermanas por su apoyo, cariño dándome fuerzas en cada instante de mi vida a lo largo de mi carrera estando siempre ahí para mí.

A mi familia y amigos que estuvieron ahí para mí acompañándome en esta etapa de mi vida, gracias por estar en las buenas y las malas deseando que mis sueños se cumplan, agradezco a la vida que me enseñó que los obstáculos siempre se pueden superar, que no existe reto imposible de superar, que todo tiene un propósito.

De igual manera agradezco a mi tutor de tesis Ing. Alan Cuenca por brindarnos su conocimiento y apoyo, además de estar ahí siempre guiándonos y ayudándonos en esta importante etapa para realizar el trabajo de titulación.

A cada uno de los ingenieros de la carrera que con sus conocimientos tanto profesionales, como sus experiencias a lo largo de sus vidas ayudaron a que me convierta en un gran profesional.

El tiempo y las circunstancias que se daban no siempre fueron las esperadas, cada día surgía nuevos retos que se tocaba superar, pero gracias a sus aportes se pudo superar cada dificultad que se presentaba, por esta razón expreso un gran sentimiento de gratitud hacia todos ustedes.

**Luis Tapia**

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo General.....	2
1.2 Objetivos Específicos .....	2
1.3 Alcance .....	2
1.4 Marco Teórico .....	2
Energía Solar Fotovoltaica.....	2
Sistemas Fotovoltaicos .....	3
2 METODOLOGÍA.....	5
2.1 Componentes.....	6
Panel Fotovoltaico.....	6
Controlador de Carga.....	7
Batería.....	7
Inversor.....	8
Sensor Multifunción AC.....	9
Sensor Multifunción DC .....	10
Sensor Multifunción DC para Panel Fotovoltaico.....	11
Conectores Solares.....	12
Solarímetro.....	12
Halógeno .....	13
Protecciones Eléctricas.....	14

Dimensionamiento de Conductores.....	15
2.2    Construcción .....	18
Planos.....	18
Implementación .....	18
2.3    Manual de Uso y Mantenimiento .....	22
2.4    Prácticas de Laboratorio .....	23
3    RESULTADOS .....	24
3.1    Pruebas y Análisis de Resultados .....	26
Prueba en Vacío.....	26
Prueba con Cargas .....	26
Prueba con Sombras .....	27
Prueba con Distintas Inclinaciones.....	28
4    CONCLUSIONES.....	29
5    RECOMENDACIONES .....	31
6    REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	32
7    ANEXOS.....	36
Anexo I. Reporte de Similitud Generado por Turnitin.....	37
Anexo II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración Curricular .....	38
Anexo III. Planos Mecánicos .....	39
Anexo IV. Plano Eléctrico .....	40
Anexo V. Prácticas del Laboratorio.....	41

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación, IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA EL LTI-ESFOT, pretende aportar al conocimiento y desarrollo de la energía solar fotovoltaica, ya que el módulo didáctico permitirá a los estudiantes de Tecnología Superior en Electromecánica aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en la materia de Energías Renovables y Eficiencia Energética TEMD-521 a través de prácticas del laboratorio.

El presente documento consta de siete secciones, las cuales se detallan a continuación:

La sección uno presenta la descripción del componente desarrollado, en la cual se puntualiza el objetivo general, objetivos específicos, el alcance y el marco teórico sobre energía solar fotovoltaica.

La sección dos menciona los instrumentos, técnicas y la metodología aplicada para cumplir con los parámetros e instrucciones que permitan alcanzar los objetivos establecidos, además esta sección contiene la construcción, los videos de cada una de las prácticas del laboratorio, los manuales de uso y mantenimiento.

La sección tres detalla las pruebas y resultados obtenidos en el módulo que validan su correcto funcionamiento.

La sección cuatro y cinco contienen las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la construcción y pruebas realizadas en el módulo del sistema fotovoltaico aislado.

La sección seis contiene las referencias bibliográficas utilizadas para el desarrollo del presente proyecto.

Finalmente, en la sección siete se indican los anexos que contienen el reporte de Turnitin, certificado de funcionamiento, los planos y hojas guías de las prácticas.

**PALABRAS CLAVE:** Fotovoltaica, Sistema Aislado, Solar, Energías Renovables.



## **ABSTRACT**

The present degree project, IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY DIDACTIC MODULE FOR THE LTI-ESFOT, aims to contribute to the knowledge and development of photovoltaic solar energy, since the didactic module will allow students of Higher Technology in Electromechanics to apply theoretical knowledge acquired in the field of Renewable Energies and Energy Efficiency TEMD-521 through laboratory practices.

This document consists of seven sections, which are detailed below:

Section one presents the description of the developed component, in which the general objective, specific objectives, scope and theoretical framework on photovoltaic solar energy are specified.

Section two mentions the instruments, techniques and the methodology applied to comply with the parameters and instructions that allow established objectives to be achieved, in addition this section contains the construction, the videos of each of the laboratory practices, the use and maintenance manuals.

Section three details the tests and results obtained in the module that validate its correct operation.

Section four and five contain the conclusions and recommendations obtained from the construction and tests carried out on the isolated photovoltaic system module.

Section six contains the bibliographical references used for the development of this project.

Finally, section seven contains the annexes that contain the Turnitin report, the certificate of operation, the plans and guide sheets for the practices.

**KEYWORDS:** Photovoltaic, Isolated System, Solar, Renewable Energies.

# 1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Se desarrolló un módulo solar fotovoltaico, el cual produce energía eléctrica a través de células solares mediante el efecto fotovoltaico, el cual consiste en la emisión de electrones por un material cuando se ilumina con radiación electromagnética. La absorción de energía solar se realiza a través de células fotovoltaicas [1].

Las celdas fotovoltaicas se fabrican con materiales semiconductores, los cuales actúan como aislantes a bajas temperaturas, pero también pueden ser conductores cuando se exponen al calor [2].

Una de las principales características que se pueden dar en los generadores de energía solar fotovoltaica que hace diferencia a otras fuentes de energía renovable es que únicamente producen electricidad cuando reciben la luz del sol (irradiación solar) y además la cantidad de energía que generan es directamente proporcional a la radiación solar que incide sobre su superficie [3]. Resulta evidente que hay un sinnúmero de aplicaciones para ella, un claro ejemplo es la iluminación que es muy necesaria durante la noche. Se debe tomar en cuenta un sistema de almacenamiento de energía que es producida por el módulo fotovoltaico [4].

Una de las características del módulo desarrollado es que es un sistema aislado que permite el aprovechamiento de la radiación solar que se emite en ese momento ya sea de forma artificial o natural. Este tipo de sistemas se caracterizan por disponer almacenamiento de energía mediante baterías [3].

Para el componente desarrollado se elaboraron planos esquemáticos y eléctricos, los cuales establecen la estructura, el armazón, circuito eléctrico y la distribución de componentes.

Se seleccionaron los materiales para la construcción del módulo, adicionalmente se consiguieron elementos de medición adicionales para una correcta toma de datos.

Se construyó la estructura en base a los planos desarrollados y se realizó la instalación de los componentes. Además, se procedió a la conexión de los mismos de forma adecuada y se colocaron canaletas para una mejor apariencia.

Se realizaron pruebas de funcionamiento que verifican que el módulo fotovoltaico funciona de manera adecuada, además, se colocaron cargas para comprobar la obtención de energía a partir del efecto fotovoltaico. Se midieron señales eléctricas como voltaje y corriente tanto en continua como en alterna. Cabe resaltar que se

tomaron datos en el sistema con carga y sin carga. Se utilizó un solarímetro para medir la radiación natural y artificial a través de la cual se obtiene energía limpia y renovable.

## **1.1 Objetivo General**

Implementar un módulo didáctico de energía solar fotovoltaica para el LTI-ESFOT.

## **1.2 Objetivos Específicos**

- Utilizar los equipos disponibles en el LTI-ESFOT
- Construir el módulo didáctico.
- Realizar pruebas de funcionamiento.
- Realizar un manual de usuario y mantenimiento.
- Elaborar dos guías de prácticas de laboratorio.

## **1.3 Alcance**

Se propone el diseño y construcción de un módulo didáctico de energía solar fotovoltaica, el cual funciona utilizando radiación natural y artificial, con el fin de que los estudiantes puedan aprender y realizar prácticas sobre energía solar fotovoltaica.

El proyecto dispone de una parte mecánica, eléctrica y electrónica, las cuales permiten el diseño y construcción de un módulo fotovoltaico aislado para obtener energía eléctrica a través de la radiación artificial de un halógeno y radiación natural del sol. El módulo está compuesto por los equipos disponibles en el LTI-ESFOT y elementos adicionales como sensores para medir radiación, voltaje, corriente, potencia y energía generada.

## **1.4 Marco Teórico**

### **Energía Solar Fotovoltaica**

Consiste en aprovechar la luz solar enviada hacia la tierra, proveniente de la radiación electromagnética la cual permite producir electricidad y calor [4]. Este poder energético es captado por los paneles solares fotovoltaicos (ver Figura 1.1), para posteriormente ser convertido en energía eléctrica [5].

La radiación solar muestra que es una fuente permanente, diaria e inagotable pero la energía absorbida por la tierra es mínima. Por lo que se formula la captación de energía solar, como una fuente alterna, limpia, renovable y que no produce contaminación [5].



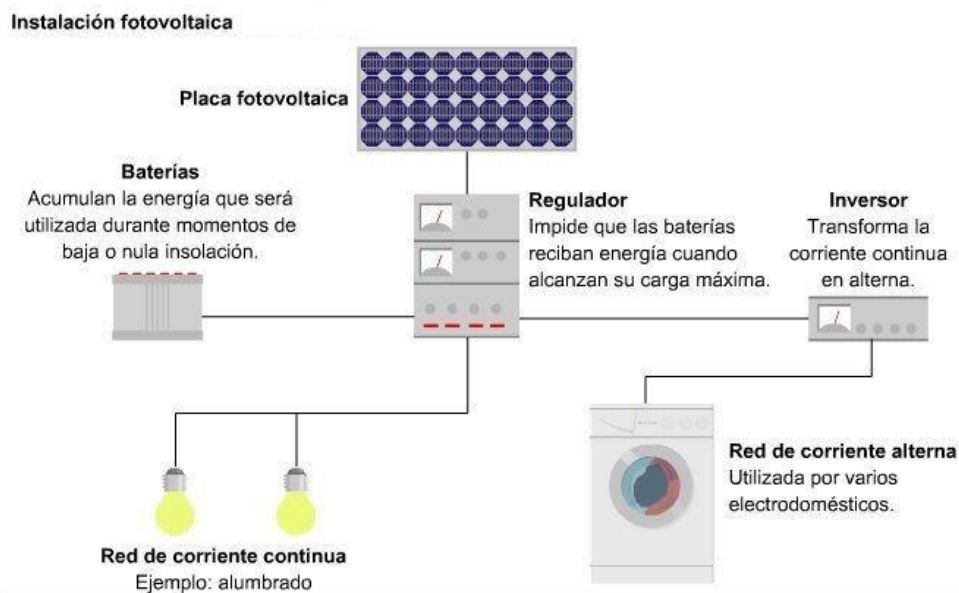
**Figura 1.1** Energía solar fotovoltaica, [6].

## Sistemas Fotovoltaicos

La energía solar fotovoltaica dispone amplias aplicaciones, en cuanto a generación de electricidad, ya sea para satisfacer la insuficiencia de energía de aquellos sin conexión a la red eléctrica (sistemas aislados) o bien generar energía a la red eléctrica (sistemas conectados a la red) [3].

### Sistema aislado

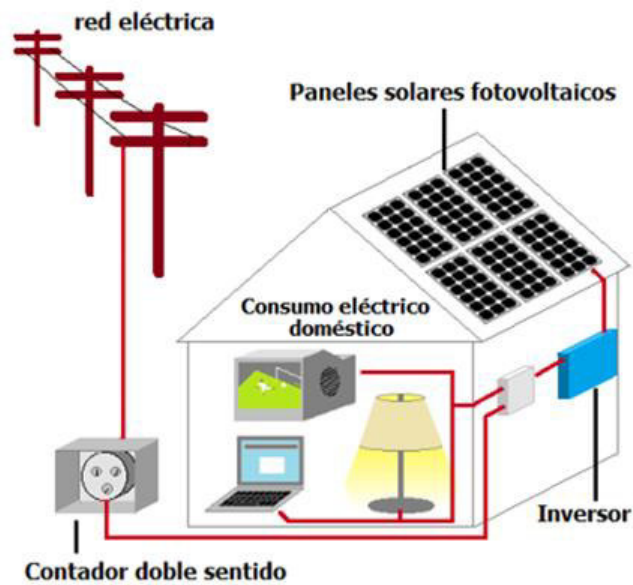
Los sistemas fotovoltaicos autónomos (ver Figura 1.2) son aquellos que se encuentran aislados de la red eléctrica, y que están equipados con un sistema de acumulación (batería) y un controlador el cual evita que una vez que la batería este completamente cargada reciba más energía.



**Figura 1.2** Sistema fotovoltaico aislado, [7].

### Sistema conectado a la red

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red (ver Figura 1.3) son aquellos que poseen varios paneles solares, los cuales están conectados a un inversor permitiendo transformar la energía en corriente continua producida a corriente alterna y la inyecta de forma paralela a la red eléctrica, la cual se registra a través de un medidor bidireccional [3].



**Figura 1.3** Sistema fotovoltaico conectado a la red, [8].

## 2 METODOLOGÍA

La implementación de un módulo didáctico fotovoltaico para el Laboratorio de Tecnología Industrial (LTI) de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT), se efectuó a través de investigación aplicada de normas técnicas [5] y parámetros históricos en el campo de la energía renovable fotovoltaica.

Los planos esquemáticos de la estructura se realizaron utilizando el software AutoCAD, para una correcta visualización tanto en 2D y 3D. Además, se estableció como requisito fundamental que el módulo fotovoltaico pueda satisfacer una determinada demanda, tanto en corriente continua como en corriente alterna.

Para la construcción del módulo, se utilizaron los siguientes componentes disponibles en el LTI-ESFOT: panel solar con un voltaje de 12 ( $V_{DC}$ ) y una potencia de 30 (W), un controlador de carga, baterías de 12 ( $V_{DC}$ ), así como un inversor (DC – AC) de 12 ( $V_{DC}$ ) a 120 ( $V_{AC}$ ) a 60 (Hz). Además, una lámpara halógena que simula la fuente de energía solar. El módulo dispone de instrumentos de medición de radiación para su respectiva supervisión.

Se realizaron pruebas mecánicas y eléctricas con el propósito de verificar el correcto funcionamiento del módulo didáctico. Se comprobó el voltaje, corriente y potencia generadas en función de la radiación natural y artificial, para satisfacer la demanda de las cargas instaladas.

El módulo fotovoltaico dispone de componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos, por tal razón es muy importante conocer sus principales características, las cuales se detallan a través de un video del manual de uso. Además, se estableció el procedimiento para el correcto uso del módulo. Se desarrolló un video del manual de mantenimiento de los respectivos componentes para cumplir con el tiempo de vida útil de los mismos.

Finalmente, se realizaron dos guías prácticas de laboratorio con el propósito de que los estudiantes adquieran destrezas específicas, para el manejo del módulo fotovoltaico. La primera práctica está enfocada en la medición de parámetros eléctricos en función de la radiación artificial y la segunda práctica está orientada a la generación fotovoltaica para satisfacer la demanda de las cargas instaladas.

## 2.1 Componentes

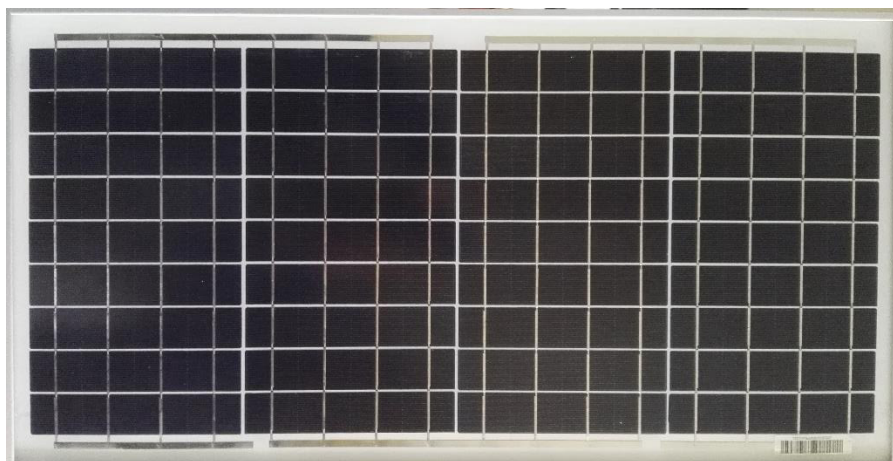
En este apartado se describen las características de cada elemento que componen el sistema fotovoltaico aislado, los cuales se pueden encontrar en el laboratorio de LTI-ESFOT.

### Panel Fotovoltaico

En la Tabla 2.1 se presentan las características del panel solar (ver Figura 2.1) el cual permite la transformación directa de energía solar a energía eléctrica [5].

**Tabla 2.1** Características del panel fotovoltaico [9].

Características	
Marca	WindyNation
Modelo	SOL-030P-01
Dimensiones	670 x 410 x 25 (mm)
Peso	3.0 (kg)
Clasificación máxima del fusible de la serie	3 (A)
Tensión en el punto máximo de potencia ( $V_{mp}$ )	18 (V)
Corriente en el punto máximo de potencia ( $I_{mp}$ )	1.67 (A)
Voltaje de circuito abierto ( $V_{OC}$ )	21.80 (V)
Corriente de corto circuito ( $I_{SC}$ )	1.83 (A)
Máximo voltaje del sistema	1000 ( $V_{DC}$ )
Potencia máxima	30 (W)
Enlace de internet	<a href="https://bit.ly/3CG8OBB">https://bit.ly/3CG8OBB</a>



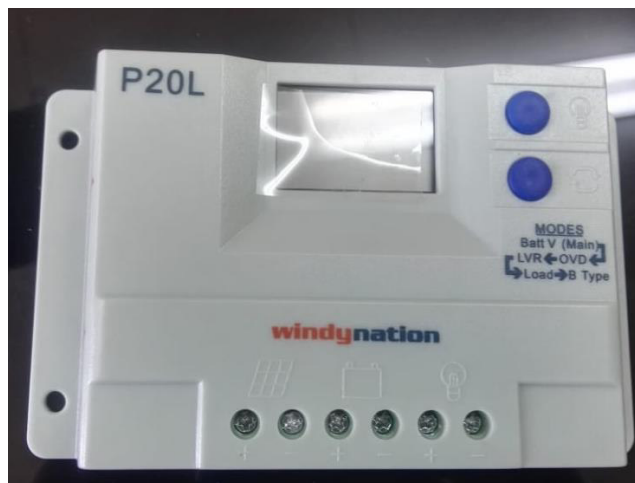
**Figura 2.1** Panel solar fotovoltaico.

## Controlador de Carga

En la Tabla 2.2 se muestran las características del controlador de carga (ver Figura 2.2) el cual tiene la misión de regular la corriente que absorbe la batería para que nunca se sobrecargue [5].

**Tabla 2.2** Características del controlador de carga [10].

Características	
Marca	WindyNation
Modelo	CHC-LCD-20
Carga de corriente nominal	20 (A)
Consuma típico en reposo	5 (mA)
Voltaje máximo de entrada solar	50 ( $V_{DC}$ )
Voltaje de trabajo nominal	12 ( $V_{DC}$ ) o 24 ( $V_{DC}$ )
Voltaje de carga flotante (ajustable)	13.8 ( $V_{DC}$ ) a 27.6 ( $V_{DC}$ )
Protección de bajo voltaje (ajustable)	10.7 ( $V_{DC}$ ) a 21.4 ( $V_{DC}$ )
Recuperación de bajo voltaje (ajustable)	12.6 ( $V_{DC}$ ) a 25.0 ( $V_{DC}$ )
Enlace de internet	<a href="https://bit.ly/3HXRROq">https://bit.ly/3HXRROq</a>



**Figura 2.2** Controlador de carga.

## Batería

En la Tabla 2.3 se muestran las características de la batería (ver Figura 2.3) la cual tiene la finalidad de proporcionar energía en caso de circunstancias inesperadas en el sistema de generación [5].



**Tabla 2.3** Características de la batería [11].

Características	
Marca	BOSCH
Modelo	EBX9-BS
Peso	3.32 (kg)
Capacidad nominal	8 (Ah)
Voltaje	12 (V)
Tecnología	VRLA (AGM)
Dimensiones	150 x 87 x 105 (mm)
Enlace de internet	<a href="https://bit.ly/3FDLQNg">https://bit.ly/3FDLQNg</a>



**Figura 2.3** Batería.

### Inversor

En la Tabla 2.4 se muestran las características del inversor (ver Figura 2.4) el cual tiene la finalidad de convertir la corriente continua en corriente alterna [3].

**Tabla 2.4** Características de la Inversor [12].

Características	
Marca	Truper
Corriente	20 (A)
Voltaje	12 (V)
Potencia máxima de salida	200 (W)
Potencia máxima de sobrecarga	400 (W)
Frecuencia de salida	52 (Hz) – 62 (Hz)

Características	
Fusible	35 (A)
Voltaje	120 (V <sub>AC</sub> )
Enlace de internet	<a href="https://bit.ly/30QKOPd">https://bit.ly/30QKOPd</a>



**Figura 2.4** Inversor.

A continuación, se detallan los elementos adicionales utilizados para complementar el desarrollo del módulo didáctico fotovoltaico, en cuanto a funciones de protección, suministro de energía artificial suplementaria y medición de datos.

### Sensor Multifunción AC

En la Tabla 2.5 se muestran las características del sensor multifunción AC (ver Figura 2.5) el cual tiene la finalidad de medir las diferentes señales eléctricas en corriente alterna [13].

**Tabla 2.5** Características del sensor multifunción AC.

Características	
Marca	Mirtuning
Modelo	PZEM-022
Voltaje de rango de prueba	80 a 260 (V <sub>AC</sub> )
Corriente nominal	0 a 100 (A)
Corriente de medición inicial	0.001 (A)
Potencia de rango de prueba	0 a 22000 (W)

Características	
Patencia de medición inicial	0.2 (W)
Energía de rango de prueba	0 a 999 (kWh)
Frecuencia de rango de prueba	45 a 65 (Hz)
Uso	Medición de corriente alterna
Enlace de internet	<a href="https://amzn.to/3CYqEzL">https://amzn.to/3CYqEzL</a>



**Figura 2.5** Sensor multifunción AC, [13].

### Sensor Multifunción DC

En la Tabla 2.6 se muestran las características del sensor multifunción DC (ver Figura 2.6) el cual tiene la finalidad de medir las diferentes señales eléctricas en corriente continua [14].

**Tabla 2.6** Características del sensor multifunción DC.

Características	
Marca	Autens
Modelo	PZEM-015
Rango de voltaje	0 a 200 (V)
Rango de corriente	0 a 300 (A)
Rango de consumo de energía	0 a 999 (kWh)
Rango de resistencia interna	0 a 999 (mΩ)
Potencia nominal	0 a 60000 (W)
Uso	Medición de batería
Enlace de internet	<a href="https://amzn.to/3pf1c4q">https://amzn.to/3pf1c4q</a>



**Figura 2.6** Sensor multifunción DC, [14].

### Sensor Multifunción DC para Panel Fotovoltaico

En la Tabla 2.7 se muestran las características del sensor multifunción DC para el panel fotovoltaico (ver Figura 2.7) el cual tiene la finalidad de medir parámetros eléctricos de dicho panel [15].

**Tabla 2.7** Características del sensor multifunción DC para el panel solar.

Características	
Marca	Mictuning
Modelo	PZEM-051
Voltaje de funcionamiento	6.5 a 100 (V)
rango de prueba de corriente	0 a 100 (A)
Rango de prueba de energía	0 a 9999 (kWh)
Rango de potencia activa	0 a 10 (kW)
Uso	Medición de panel fotovoltaico
Enlace de internet	<a href="https://amzn.to/31b7rOg">https://amzn.to/31b7rOg</a>



**Figura 2.7** Sensor multifunción DC para panel fotovoltaico, [15].

## Conectores Solares

En la Tabla 2.8 se muestran las características de los conectores solares (ver Figura 2.8) los cuales tienen la finalidad de permitir una fácil conexión con el panel solar [16].

**Tabla 2.8** Características de los conectores solares [16].

Características	
Marca	JYFT
Tipo	Conector MC4
Enlace de internet	<a href="https://amzn.to/3FSbFcw">https://amzn.to/3FSbFcw</a>



**Figura 2.8** Conectores solares.

## Solarímetro

En la Tabla 2.9 se muestran las características del solarímetro (ver Figura 2.9) el cual mide la irradiación solar y de esta forma se obtienen los datos de recurso [17].

**Tabla 2.9** Características del solarímetro [17].

Características	
Marca	General Tools
Modelo	DBTU1300
Rango de medición	0 a 2000 ( $\frac{W}{m^2}$ )
Precisión de medición	0 a 1 ( $\frac{W}{m^2}$ )
Rango espectral	400 a 1000 (nm)
Fuente de alimentación	Cuatro pilas AA
Enlace de internet	<a href="https://amzn.to/3nB2WFj">https://amzn.to/3nB2WFj</a>



**Figura 2.9** Solarímetro.

## Halógeno

En la Tabla 2.10 se muestran las características del halógeno (ver Figura 2.10) el cual tiene la finalidad de permitir el funcionamiento del módulo fotovoltaico a través de luz artificial [18].

**Tabla 2.10** Características del halógeno.

Características	
Marca	Simba lighting
Modelo	HAL-500R7S118-5PC
Voltaje	120 (V <sub>AC</sub> )
Potencia	500 (W)
Dimensiones	4.65 x 0.38 x 0.38 (pulg)
Material	Cristal
Flujo luminoso	7500 (Lum)
Enlace de internet	<a href="https://amzn.to/3D18zRI">https://amzn.to/3D18zRI</a>



**Figura 2.10** Halógeno, [18] y [19].

## Protecciones Eléctricas

### Fusible para el controlador y la batería

En la Tabla 2.11 se muestran las características del fusible (ver Figura 2.11) el cual realiza la protección entre el controlador y la batería [20].

Para la selección del fusible se tomaron en cuenta los datos del controlador:

V : 12 – 24 ( $V_{DC}$ ) voltaje del controlador

I : 20 (A) corriente del controlador

### Fusible para la batería y el inversor

Para esta etapa se seleccionó un fusible con las mismas características de la etapa del controlador y la batería. Para ello se tomaron en cuenta los datos del inversor:

V : 12 ( $V_{DC}$ ) voltaje del inversor

I : 20 (A) corriente del inversor

**Tabla 2.11** Características del fusible para el controlador, la batería e inversor.

Características	
Marca	Schneider
Modelo	EZ9F56120
Corriente	20 (A)
Enlace de internet	<a href="https://bit.ly/32Dr561">https://bit.ly/32Dr561</a>



**Figura 2.11** Fusible para el controlador, la batería e inversor, [20].

### Fusible para el controlador y el panel solar

En la Tabla 2.12 se muestran las características del fusible (ver Figura 2.12) el cual realiza la protección entre el panel solar y el controlador [21].

Para la selección del fusible se tomaron en cuenta los datos del panel solar:

( $V_{OC}$ ) : 21.8 (V) Voltaje de circuito abierto

( $I_{SC}$ ) : 1.83 (A) Corriente de corto circuito

Se dispone un factor de seguridad del 25 (%) en la corriente de cortocircuito:

( $I_{SC}$ ) : 2.29 (A) Corriente de corto circuito

**Tabla 2.12** Características del fusible para el controlador y el panel solar [22].

Características	
Marca	Zepher Inc.
Material	Vidrio
Corriente	3 (A)
Enlace de internet	<a href="https://amzn.to/3d9XWkZ">https://amzn.to/3d9XWkZ</a>



**Figura 2.12** Fusible para el controlador y el panel solar.

### Dimensionamiento de Conductores

#### Cable para el controlador y la batería

En la Tabla 2.13 se muestran las características del cable, utilizado para la conexión entre el controlador y la batería.

Para la selección del conductor se tomaron en cuenta los datos del controlador:



- V : 12 – 24 ( $V_{DC}$ ) voltaje del controlador
- I : 20 (A) corriente del controlador

Para el cálculo se aplicó la Ecuación 2.1:

$$S = \frac{2 * L * I}{\sigma * \Delta V}$$

**Ecuación 2.1** Cálculo de conductores de corriente continua, [23].

Donde:

- S : ( $mm^2$ ) sección del cable
- L : 4 (m) largo del cable
- I : 20 (A) corriente
- $\sigma$  : 59 conductividad del cobre
- $\Delta V$  : 1 ( $V_{DC}$ ) caída de tensión

Por lo tanto:

$$S = 2.71 (mm^2)$$

### Cable para la batería y el inversor

Para esta etapa se seleccionó un cable con las mismas características de la etapa del controlador y la batería. Para ello se tomaron en cuenta los datos del inversor:

- V : 12 ( $V_{DC}$ ) voltaje del inversor
- I : 20 (A) corriente del inversor

**Tabla 2.13** Características del cable para el controlador, la batería e inversor [24].

Características	
Calibre AWG	12
Tipo cable	TW
Corriente en conductos	20 (A)
Corriente al aire libre	25 (A)
Sección	3.31 ( $mm^2$ )
Espesor de aislamiento	0.76 (mm)
Diámetro externo	3.37 (mm)
Enlace de internet	<a href="https://bit.ly/3oyuxaV">https://bit.ly/3oyuxaV</a>

### Cable para el controlador y el panel solar

En la Tabla 2.14 se muestran las características del cable, utilizado para la conexión entre el panel solar y el controlador.

Para la selección del cable se tomaron en cuenta los datos del panel solar:

( $V_{OC}$ ) : 21.8 (V) Voltaje de circuito abierto

( $I_{SC}$ ) : 1.83 (A) Corriente de corto circuito

Se dispone un factor de seguridad del 25 (%) en la corriente de cortocircuito:

( $I_{SC}$ ) : 2.29 (A) Corriente de corto circuito

Para el cálculo se aplicó la Ecuación 2.1.

Donde:

S : ( $mm^2$ ) sección del cable

L : 5 (m) largo del cable

I : 2.29 (A) corriente

$\sigma$  : 59 conductividad del cobre

$\Delta V$  : 1 ( $V_{DC}$ ) caída de tensión

Por lo tanto:

$$S = 0.39 (mm^2)$$

**Tabla 2.14** Características del cable para el controlador y el panel solar [24].

Características	
Calibre AWG	18
Tipo cable	TF
Corriente en conductos	7 (A)
Corriente al aire libre	6 (A)
Sección	0.82 ( $mm^2$ )
Espesor de aislamiento	0.76 (mm)
Diámetro externo	2.54 (mm)
Enlace de internet	<a href="https://bit.ly/3oyuxaV">https://bit.ly/3oyuxaV</a>

## 2.2 Construcción

### Planos

En el Anexo 3 se muestran los planos mecánicos de la estructura del módulo fotovoltaico que incluyen dimensiones y vistas.

En el Anexo 4 se muestra el plano eléctrico para la conexión de cada elemento del módulo fotovoltaico.

### Implementación

En la Tabla 2.15 se describen las características de los tubos utilizados para la implementación de la estructura (ver Figura 2.13). En el ensamblado se cortaron los extremos en ángulos de 45 (°) y se soldó con soldadura eléctrica para unir los tubos.

**Tabla 2.15** Características del tubo [25].

Características	
Material	Acero
Tipo	Cuadrado
Ancho del primer tubo	1 x 1 (pulg)
Ancho del segundo tubo	1 x 2 (pulg)
Enlace de internet	<a href="https://ebay.to/3rBboa7">https://ebay.to/3rBboa7</a>



**Figura 2.13** Armazón de la estructura.

En la Tabla 2.16 se describen las características del tol el cual se utilizó para cubrir la estructura (ver Figura 2.14). Este material se cortó según las medidas especificadas en el Anexo 3 Lámina 2, de esta forma se cubre la estructura y el tol adopta la forma de cajón para la protección de los equipos.

**Tabla 2.16** Características del tol [26].

Características	
Material	Acero
Tipo	Cuadrado
Ancho	2.2 (mm)
Enlace de internet	<a href="https://bit.ly/3zgl77y">https://bit.ly/3zgl77y</a>



**Figura 2.14** Armazón de la estructura e instalación del tol.

Se procedió a realizar los agujeros para insertar los elementos de medición y de las cargas (ver Figura 2.15), además se colocaron el resto de accesorios como: el tubo para la lámpara halógena, las bases para el panel fotovoltaico y la rueda para variar la inclinación del panel.



**Figura 2.15** Estructura y partes de la misma.

Se procedió a pintar la estructura, con una base de anticorrosivo y pintura de color gris claro (ver Figura 2.16 y Figura 2.17), según las especificaciones establecidas.



**Figura 2.16** Estructura pintada.



**Figura 2.17** Partes de la estructura pintada.

Se procedió al armado de las piezas y elementos (ver Figura 2.18) como el panel solar, inversor, controlador, batería y elementos de medición.



**Figura 2.18** Disposición de elementos.



Se procedió a conectar los instrumentos y colocar canaletas (ver Figura 2.19) para una buena visualización.



**Figura 2.19** Conexión y colocación de canaletas.

Finalmente, se puede observar en la Figura 2.20 el módulo fotovoltaico completo.



**Figura 2.20** Módulo fotovoltaico.

Mediante el siguiente código QR de la Figura 2.21, se observa la construcción, el ensamble, colocación de los elementos de medición y el sistema eléctrico.



**Figura 2.21** Código QR de la construcción del módulo

Enlace: <https://bit.ly/3tyjUYh>

### **2.3 Manual de Uso y Mantenimiento**

Mediante el código QR de la Figura 2.22, se puede acceder al video del manual de usuario del módulo fotovoltaico.



**Figura 2.22** Código QR del manual de uso

Enlace: <https://bit.ly/3nljil7>

Mediante el código QR de la Figura 2.23, se puede acceder al video del manual de mantenimiento del módulo fotovoltaico.



**Figura 2.23** Código QR del manual de mantenimiento

**Enlace:** <https://bit.ly/3rqaxY8>

## **2.4 Prácticas de Laboratorio**

Se elaboraron dos guías prácticas de laboratorio para el manejo del módulo fotovoltaico con su respectiva resolución. La primera práctica está enfocada en la medición de parámetros eléctricos en función de la radiación artificial y la segunda práctica está orientada a la generación fotovoltaica para satisfacer la demanda de las cargas instaladas. Las hojas guías dispuestas para las prácticas se encuentran en el Anexo 5.



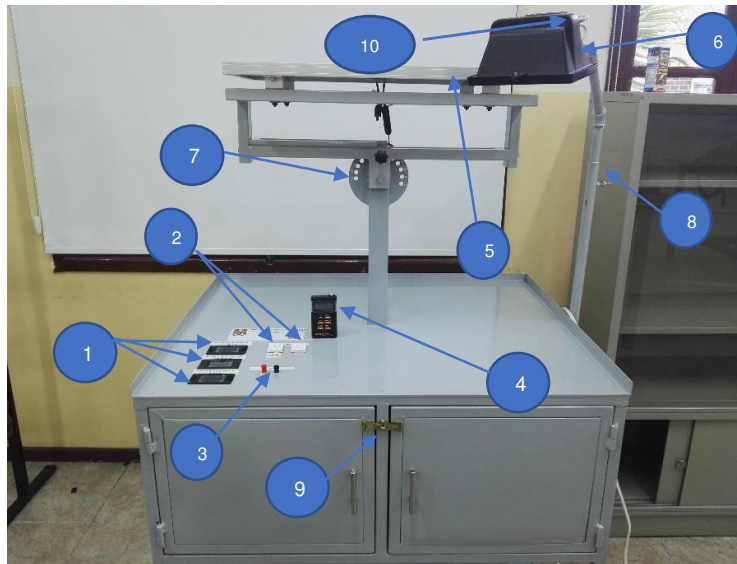
### 3 RESULTADOS

A continuación, en la Figura 3.1 se presenta el proyecto finalizado y en la Figura 3.2 y Figura 3.3 se muestran los principales elementos que constituyen el módulo fotovoltaico.

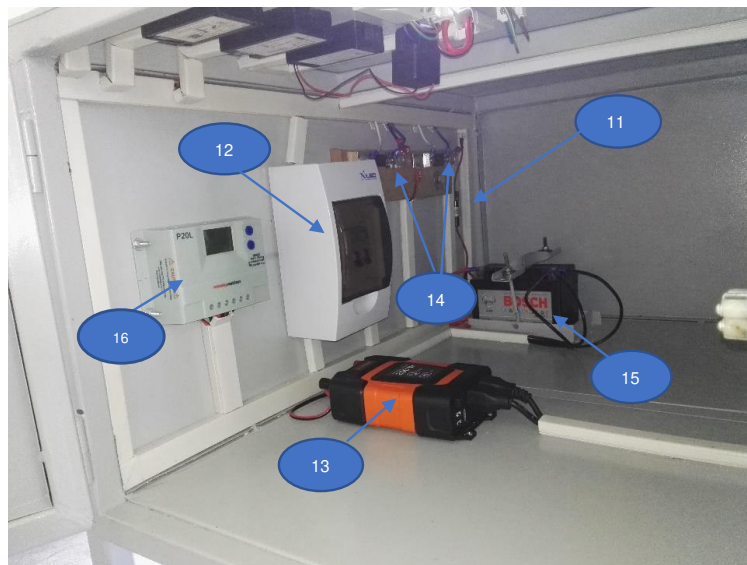
El módulo didáctico se encuentra ubicado en el área de control que forma parte del Laboratorio de Tecnología Industrial, dicho módulo absorbe la energía producida por el sol y la transforma en energía eléctrica, además está diseñado para funcionar con radiación natural y artificial. Se puede utilizar con cargas de corriente alterna y continua.



**Figura 3.1** Componente entregable (módulo fotovoltaico)



**Figura 3.2** Elementos externos del módulo fotovoltaico



**Figura 3.3** Elementos internos del módulo fotovoltaico

1. Sensores multifunciones (AC-DC).
2. Cargas 120 ( $V_{AC}$ ).
3. Carga 12 ( $V_{DC}$ ).
4. Solarímetro.
5. Panel solar.
6. Lámpara Halógena.
7. Rueda de movimiento del panel solar.
8. Sistema de movimiento de la lámpara halógena (Mariposa).
9. Aldaba.

10. Regulador de luz (Dimer).
11. Fusible.
12. Caja de fisibles tipo breaker.
13. Inversor.
14. Shunts.
15. Batería.
16. Controlador.

### 3.1 Pruebas y Análisis de Resultados

A continuación, se establecen las pruebas realizadas que permiten determinar el correcto funcionamiento del módulo fotovoltaico.

#### Prueba en Vacío

La prueba en vacío permitió verificar el funcionamiento correcto del módulo fotovoltaico sin cargas utilizando radiación natural y artificial.

Se colocaron instrumentos de medición en los bornes de corriente continua y alterna, de esta manera se midieron los valores de corriente y voltaje. Los resultados se detallan en la Tabla 3.1 y Tabla 3.2.

**Tabla 3.1** Resultados de la prueba de vacío (radiación natural).

Irradiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Voltaje (V)	
	AC	DC
831.8	121.7	13.71

**Tabla 3.2** Resultados de la prueba de vacío (radiación artificial).

Irradiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Voltaje (V)	
	AC	DC
125.1	119.2	12.5

#### Prueba con Cargas

La prueba con cargas permitió verificar el funcionamiento correcto del módulo fotovoltaico utilizando radiación natural y artificial.

Se colocaron instrumentos de medición en los bornes de corriente continua y alterna, de esta manera se midieron los valores de corriente y voltaje. Los resultados se detallan en la Tabla 3.3 y Tabla 3.4.

**Tabla 3.3** Resultados de la prueba con cargas (radiación natural).

Datos	Irradiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)
Laptop ( $V_{AC}$ )	957.2	114	0.268	23.5
Celular ( $V_{AC}$ )	984.8	117	0.036	2.56
Motor ( $V_{DC}$ )	983.6	12.5	1.47	18.375

**Tabla 3.4** Resultados de la prueba con cargas (radiación artificial).

Datos	Irradiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)
Laptop ( $V_{AC}$ )	125.5	113	0.268	24.2
Celular ( $V_{AC}$ )	125.5	119	0.032	2.74
Motor ( $V_{DC}$ )	125.5	11.7	1.52	17.784

### Prueba con Sombras

La prueba con sombras permitió verificar el funcionamiento correcto del módulo fotovoltaico utilizando radiación natural.

Se colocó un cartón que bloquea la radiación incidente sobre el panel solar para comprobar cómo las sombras afectan los valores de corriente y voltaje. Los resultados obtenidos en el dispositivo de medición de los parámetros del panel fotovoltaico se detallan en la Tabla 3.5.

**Tabla 3.5** Resultados de la prueba con sombras en el panel solar.

Irradiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)
1289	14.48	1.84	26.6
0	8.08	0	0

### Prueba con Distintas Inclinaciones

La prueba con distintas inclinaciones del panel fotovoltaico permitió verificar el ángulo óptimo para el máximo aprovechamiento de la radiación solar.

Se colocó el panel solar en distintas posiciones y de esta forma se comprobó cómo esto afecta los valores de corriente y voltaje. Los resultados se detallan en la Tabla 3.6.

**Tabla 3.6** Resultados de la prueba con distintas inclinaciones.

Inclinaciones (°)	Irradiación ( $\frac{W}{m^2}$ )	Voltaje ( $V_{DC}$ )	Corriente (A)	Potencia (W)
0	994.5	17.38	0.81	14
15	1005	17.05	0.8	13.6
30	992.6	16.55	0.8	13.2
45	996.5	15.3	0.81	12.3
60	996.5	13.59	0.55	7.4

Para complementar las pruebas de funcionamiento realizadas, se desarrolló un video al cual se puede acceder mediante el código QR de la Figura 3.4.



**Figura 3.4** Código QR de las pruebas de funcionamiento realizadas

**Enlace:** <https://bit.ly/3quBvhT>

## 4 CONCLUSIONES

- Para el dimensionamiento de los elementos de protección, se utilizaron las características técnicas de los componentes adquiridos por la ESFOT, de esta manera se garantizan los niveles de seguridad adecuados para equipos y usuarios.
- El proyecto fue construido siguiendo los planos mecánicos y eléctricos diseñados, de esta manera se cumplió con los requerimientos establecidos para el módulo didáctico de energía solar fotovoltaica para la carrera Tecnología Superior en Electromecánica.
- En la construcción de la estructura se observa que, para la variación de ángulo del panel solar, se colocó un resorte para facilitar su movimiento con un pasador y de esta forma evitar que el mismo se salga.
- En la estructura se colocó el tol en forma de cajón, excepto la parte donde se encuentran los componentes de medición ya que este tiene los tres bordes salidos hacia arriba, para impedir que algún elemento salga de su posición.
- Se colocaron ruedas en los cuatro extremos de la estructura para dar facilidad de movilización, lo que permite trasladar el módulo a cualquier parte y realizar prácticas del laboratorio utilizando radiación natural y artificial.
- En la prueba de vacío se comprobó el correcto funcionamiento del módulo, a través de la medición de parámetros como el voltaje tanto en corriente continua como en alterna, obteniendo valores dentro de los niveles esperados en función del recurso solar disponible.
- En la prueba con cargas se comprobó el correcto dimensionamiento del módulo fotovoltaico, ya que se utilizaron distintos componentes en corriente alterna y corriente directa, logrando abastecer la demanda de energía correspondiente.
- En la prueba con sombras se verificó que cuando se interrumpe la irradiación total del módulo, la corriente disminuye a 0 (A). Por otra parte, cuando el panel recibe una irradiación de  $1289 \left(\frac{W}{m^2}\right)$ , la corriente es de 1.73 (A), obteniendo así valores dentro de los niveles esperados.
- En la prueba con distintas inclinaciones se comprobó que mediante la variación del ángulo del panel (cada 15 (°) orientado hacia el norte), los parámetros

eléctricos varían ya que cuanto más inclinado está el módulo, este recibe menos radiación, por ende, los valores de corriente, voltaje y potencia disminuyen.

- Los videos elaborados que corresponden al manual de uso y mantenimiento, permitirán a los usuarios cumplir paso a paso el correcto procedimiento de utilización del módulo fotovoltaico, además se encuentran algunos consejos para mantener la vida útil de los distintos componentes y de la estructura.
- Se elaboraron dos guías de prácticas de laboratorio para los estudiantes con sus respectivas resoluciones, las cuales permiten verificar el correcto uso del módulo, además de tomar datos de corriente, voltaje y potencia en función de la radiación natural y artificial.

## 5 RECOMENDACIONES

- Para evitar la corrosión de la estructura es recomendable revisar el módulo cada semestre, de igual manera verificar que las uniones de soldadura estén en perfecto estado.
- Para evitar fallas en el sistema eléctrico es recomendable verificar que los dispositivos de protección funcionen de forma adecuada para proteger a las personas y a los componentes del módulo fotovoltaico.
- No dejar el módulo en lugares donde puedan caer objetos ya que estos pueden dañar el panel y los instrumentos de medición.
- No es recomendable dejar el módulo a la intemperie en contacto con la lluvia ya que este cuenta con elementos eléctricos que se pueden degradar.
- Al usar el solarímetro es recomendable colocarlo en un trípode para tener más estabilidad al momento de tomar datos con la radiación natural.
- En cuanto a la radiación artificial colocar lo más alto posible la lámpara halógena para que la luz irradie sobre todo el panel y poder obtener la mayor eficiencia.
- Al utilizar el controlador o los instrumentos de medición verificar que se encuentren debidamente configurados, para evitar posibles daños de los equipos que conforman el módulo.
- Revisar que los empalmes se encuentren debidamente aislados para evitar posibles cortos en el sistema eléctrico.
- Al utilizar la lámpara halógena como radiación artificial sobre el panel fotovoltaico, asegurarse que se encuentre debidamente sujeta, para evitar caídas y posibles accidentes.
- Para un correcto uso y mantenimiento del módulo fotovoltaico se recomienda revisar los videos en los cuales se detallan las principales características de los componentes.
- Para una mejora del módulo se debería colocar un interruptor en el panel solar el cual esté conectado al sensor multifunción del mismo, permitiendo su conexión y desconexión de forma segura.



## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Mmontoya Rosero, «Energía Solar Fotovoltaico,» Escuela de organización industrial, 2011.
- [2] J. Agredona Diaz, «researchgate,» 28 Agosto 2008. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Jaime-Agredano-2/publication/237589407\\_Tecnologia\\_fotovoltaica/links/59bfce5e0f7e9b48a29b90f2/Tecnologia-fotovoltaica.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jaime-Agredano-2/publication/237589407_Tecnologia_fotovoltaica/links/59bfce5e0f7e9b48a29b90f2/Tecnologia-fotovoltaica.pdf). [Último acceso: 24 Noviembre 2021].
- [3] M. A. Abella, «Sistemas Fotovoltaicos,» Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas de Madrid, 2015. [En línea]. Available: <https://bit.ly/3oY33se>. [Último acceso: 14 Diciembre 2020].
- [4] H. M. Tayo y J. I. Guachimboza, «Diseño e Implemetacion de un Módulo Didáctico y software para la Visualizar la Curva de Celdas y Paneles Solares,» Escuela Politécnica Nacional, Julio 2011. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4093/1/CD-3825.pdf>. [Último acceso: 14 Diciembre 2020].
- [5] C. R. Musuña y F. H. Veintimilla, «Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para la Visualización de las Curvas de Eficiencia de los Paneles Solares Fotovoltaicos,» Universidad Técnica de Cotopaxi , 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5409/1/PI-000766.pdf>. [Último acceso: 14 Diciembre 2020].
- [6] S. P. Ponte, «areatecnologia,» 18 Juni 2021. [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/baterias-para-paneles-solares.html>. [Último acceso: 20 Septiembre 2021].
- [7] S. P. Ponte, «areatecnologia,» 18 Junio 2021. [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/energia-solar-fotovoltaica.htm>. [Último acceso: 20 Septiembre 2021].
- [8] Houston, «panelessolaresenguadalajara,» 5 septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://panelessolaresenguadalajara.com/recursos/como-funcionan-los-paneles-solares/>. [Último acceso: 20 Septiembre 2021].

- [9] G. nv-sa, «walmart,» 3 Febrero 2121. [En línea]. Available: <https://www.walmart.com/ip/30-Watt-Polycrystalline-Solar-Panel/150595095>. [Último acceso: 21 Septiembre 2021].
- [10] WindyNation, «WindyNation,» 26 Febrero 2020. [En línea]. Available: <https://www.windynation.com/Charge-Controllers/Windy-Nation-Inc/P20L-LCD-20A-PWM-Solar-Panel-Regulator-Charge-Controller-with-LCD-Digital-Display-and-User-Adjustable-Settings/-/1319?p=YzE9MTc=>. [Último acceso: 21 Septiembre 2021].
- [11] BOSCH, «boschecuador,» 8 Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.boschecuador.com/shop/producto?id=2508>. [Último acceso: 21 Septiembre 2021].
- [12] Truper, «truper,» 11 Agosto 2021. [En línea]. Available: <https://www.truper.com/inversor-de-corriente-200-w.html>. [Último acceso: 21 Septiembre 2021].
- [13] Mintuning, «amazon,» 18 Abril 2021. [En línea]. Available: [https://www.amazon.com/multímetro-amperímetro-voltímetro-Frecuencia-Energética/dp/B07ZHDMZJ8/ref=pd\\_rhf\\_dp\\_s\\_pd\\_ldate\\_2/136-1738313-0268812?pd\\_rd\\_w=OGSBI&pf\\_rd\\_p=c652f708-20a7-4738-ae35-3e3b80fab45e&pf\\_rd\\_r=QGKY2S8Z9SSQ1C7XG3HJ&pd\\_rd\\_r=0ea792f7-762b-42e0-](https://www.amazon.com/multímetro-amperímetro-voltímetro-Frecuencia-Energética/dp/B07ZHDMZJ8/ref=pd_rhf_dp_s_pd_ldate_2/136-1738313-0268812?pd_rd_w=OGSBI&pf_rd_p=c652f708-20a7-4738-ae35-3e3b80fab45e&pf_rd_r=QGKY2S8Z9SSQ1C7XG3HJ&pd_rd_r=0ea792f7-762b-42e0-). [Último acceso: 21 Septiembre 2021].
- [14] Autens, «amazon,» 18 Abril 2021. [En línea]. Available: [https://www.amazon.com/Autens-impedancia-resistencia-multímetro-amperímetro/dp/B0828HTM6F/ref=pd\\_rhf\\_dp\\_s\\_pd\\_ldate\\_5/136-1738313-0268812?pd\\_rd\\_w=G2QVw&pf\\_rd\\_p=c652f708-20a7-4738-ae35-3e3b80fab45e&pf\\_rd\\_r=86EVGC61YZ72RVFXGM84&pd\\_rd\\_r=fae43e14-4c9d-4260-a39-](https://www.amazon.com/Autens-impedancia-resistencia-multímetro-amperímetro/dp/B0828HTM6F/ref=pd_rhf_dp_s_pd_ldate_5/136-1738313-0268812?pd_rd_w=G2QVw&pf_rd_p=c652f708-20a7-4738-ae35-3e3b80fab45e&pf_rd_r=86EVGC61YZ72RVFXGM84&pd_rd_r=fae43e14-4c9d-4260-a39-). [Último acceso: 21 Septiembre 2021].
- [15] Mictuning, «amazon,» 11 Octubre 2021. [En línea]. Available: [https://www.amazon.com/MICTUNING-amperímetro-voltímetro-multímetro-derivador/dp/B01JOUZELG/ref=pd\\_rhf\\_dp\\_s\\_pop\\_multi\\_srecs\\_sabr\\_1/136-1738313-0268812?pd\\_rd\\_w=gz6wE&pf\\_rd\\_p=ded31a0c-93e8-47e6-a1e4-bb0aed033701&pf\\_rd\\_r=12X52WQTXCTKZRBWCTAP&pd\\_rd\\_r=978ec2da-](https://www.amazon.com/MICTUNING-amperímetro-voltímetro-multímetro-derivador/dp/B01JOUZELG/ref=pd_rhf_dp_s_pop_multi_srecs_sabr_1/136-1738313-0268812?pd_rd_w=gz6wE&pf_rd_p=ded31a0c-93e8-47e6-a1e4-bb0aed033701&pf_rd_r=12X52WQTXCTKZRBWCTAP&pd_rd_r=978ec2da-). [Último acceso: 21 Septiembre 2021].

- [16] JYFT, «amazon,» 11 Octubre 2021. [En línea]. Available: [https://www.amazon.com/-/es/JYFT-Conectores-cable-panel-solar/dp/B07F6WJS9Z/ref=psdc\\_13638744011\\_t1\\_B073TX1N5Q?th=1](https://www.amazon.com/-/es/JYFT-Conectores-cable-panel-solar/dp/B07F6WJS9Z/ref=psdc_13638744011_t1_B073TX1N5Q?th=1). [Último acceso: 21 Septiembre 2021].
- [17] Amazon, «amazon,» 18 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://www.amazon.com/-/es/General-DBTU1300-Medidor-energía-digital/dp/B001TOJG10>. [Último acceso: 21 Septiembre 2021].
- [18] Amazon, «amazon,» 11 Octubre 2021. [En línea]. Available: [https://www.amazon.com/-/es/Lighting-Bombilla-halógena-regulable-seguridad/dp/B07B2HNB1C/ref=psdc\\_328864011\\_t1\\_B00076P5TI?th=1](https://www.amazon.com/-/es/Lighting-Bombilla-halógena-regulable-seguridad/dp/B07B2HNB1C/ref=psdc_328864011_t1_B00076P5TI?th=1). [Último acceso: 21 Septiembre 2021].
- [19] S. Limited, «promesa,» 25 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.promesa.com.ec/producto/reflector-halogeno-500w-120v-con-iodin>. [Último acceso: 28 Noviembre 2021].
- [20] Sheneuder, «electroservimos,» 15 Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://electroservimos.co/breakers/512-br201-breaker-riel-1-x-20a-10ka-127-6ka-230v-iec898-easy-9-schneider.html>. [Último acceso: 22 Noviembre 2021].
- [21] M. A. Abella, «scholar.google.e,» Noviembre 2014. [En línea]. Available: [https://scholar.google.es/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=es&user=OcxSRhWAAAAJ&citation\\_for\\_view=OcxSRhWAAAAJ:NaGI4SEjCO4C](https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=OcxSRhWA AAAJ&citation_for_view=OcxSRhWAAAAJ:NaGI4SEjCO4C). [Último acceso: 04 Diciembre 2021].
- [22] Z. Inc., «Amazon,» 18 Abril 2021. [En línea]. Available: [https://www.amazon.com/-/es/Zephyr-Fusible-cartucho-vidrio-1-181/dp/B075SPTD5N/ref=psdc\\_6355933011\\_t3\\_B073SDDBHW](https://www.amazon.com/-/es/Zephyr-Fusible-cartucho-vidrio-1-181/dp/B075SPTD5N/ref=psdc_6355933011_t3_B073SDDBHW). [Último acceso: 1 Diciembre 2021].
- [23] S. Eliseo, «eliseosebastian.com,» 15 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://eliseosebastian.com/cables-para-instalar-placas-fotovoltaicas/>. [Último acceso: 05 Diciembre 2021].

- [24] V. Yucás, «es.slideshare.net,» 31 Enero 2014. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/VctorYucs/electro-cables>. [Último acceso: 05 Diciembre 2021].
- [25] I. jack, «ebay,» 24 Agosto 2021. [En línea]. Available: [https://www.ebay.com/itm/193676334003?\\_trkparms=amclsrc%3DITM%26aid%3D1110006%26algo%3DHOMESPLICE.SIM%26ao%3D1%26asc%3D20201210111314%26meid%3D046e9b00dfde40bf802df84843169ccf%26pid%3D101195%26rk%3D1%26rkt%3D10%26sd%3D194577099762%26itm%3D193676334003%26](https://www.ebay.com/itm/193676334003?_trkparms=amclsrc%3DITM%26aid%3D1110006%26algo%3DHOMESPLICE.SIM%26ao%3D1%26asc%3D20201210111314%26meid%3D046e9b00dfde40bf802df84843169ccf%26pid%3D101195%26rk%3D1%26rkt%3D10%26sd%3D194577099762%26itm%3D193676334003%26). [Último acceso: 5 Diciembre 2021].
- [26] DIPAC, «dipacmanta,» 8 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://www.dipacmanta.com/planchas-de-acero/planchas-acero-negro/planchas-laminadas-en-caliente>. [Último acceso: 26 Diciembre 2021].
- [27] L. Carvajal, Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado, 28 ed., Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139.

## 7 ANEXOS

## ANEXO I. REPORTE DE SIMILITUD GENERADO POR TURNITIN

DMQ, 26 de enero de 2022

Yo, Alan Daniel Cuenca Sánchez, como Director del presente Trabajo de Integración Curricular, certifico que el siguiente es el resultado de la evaluación de similitud realizado por la plataforma Turnitin:

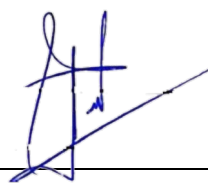
Autor de la entrega:	Luis Tapia Toapanta
Título del ejercicio:	Tesis ESFOT
Título de la entrega:	TesisTapia
Nombre del archivo:	TrabajoUIC_TapiaLuis.pdf
Tamaño del archivo:	1.5M
Total páginas:	34
Word count:	5,414
Total de caracteres:	28,382
Fecha de entrega:	19-ene.-2022 06:03p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	1744410751

### TesisTapia

INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>9%</b>	<b>8%</b>	<b>2%</b>	<b>3%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	Apagado
Excluir bibliografía	Activo		



**DIRECTOR**

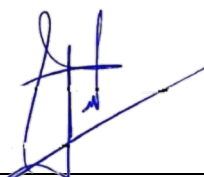
Ing. Alan Daniel Cuenca Sánchez., Msc.

## ANEXO II. CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DMQ, 26 de enero de 2022

Yo, Alan Daniel Cuenca Sánchez, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de integración curricular, certifico que he constatado el correcto funcionamiento de la implementación de un módulo didáctico de energía solar fotovoltaica para el LTI-ESFOT, el cual fue implementado por el estudiante Luis Eduardo Tapia Toapanta.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los usuarios de la ESFOT puedan utilizar el módulo con seguridad.



---

**DIRECTOR**

Ing. Alan Daniel Cuenca Sánchez., Msc.

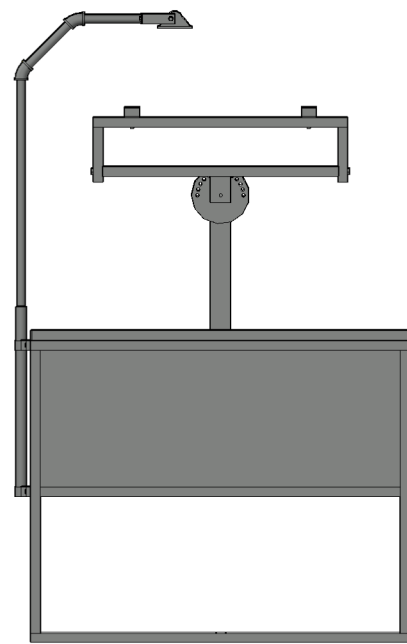
---

Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía | Edificio N. 21 | Área 7 | Oficina 22

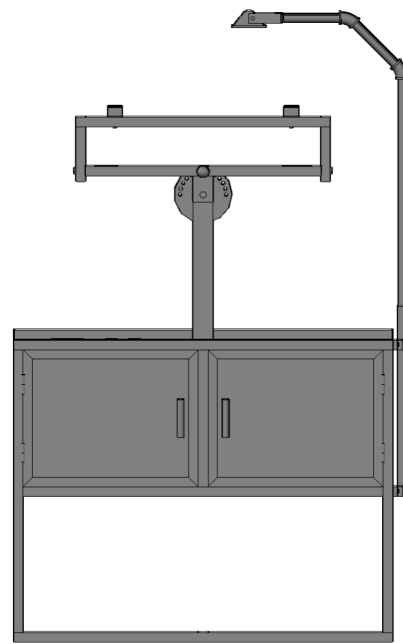
**Correo:** alan.cuenca@epn.edu.ec | **Ext:** 2736

## **ANEXO III. PLANOS MECÁNICOS**

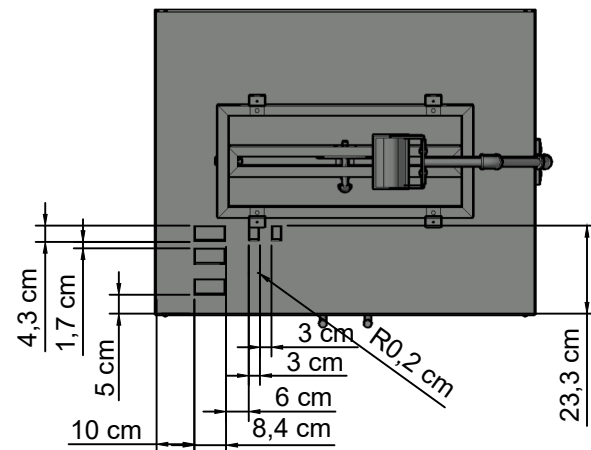




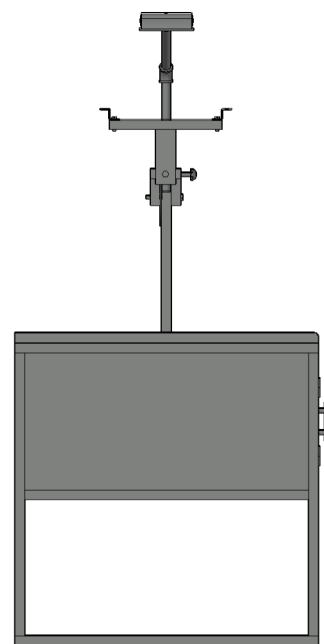
**VISTA POSTERIOR**  
1:2



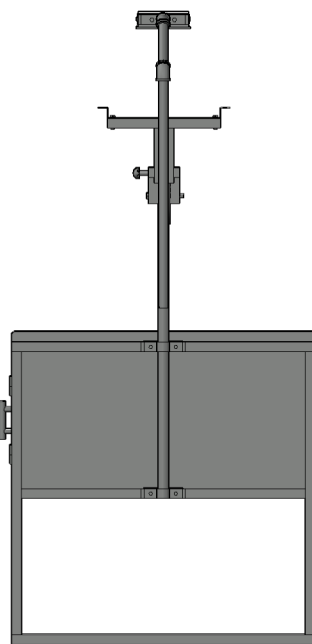
**VISTA FRONTAL**  
1:2



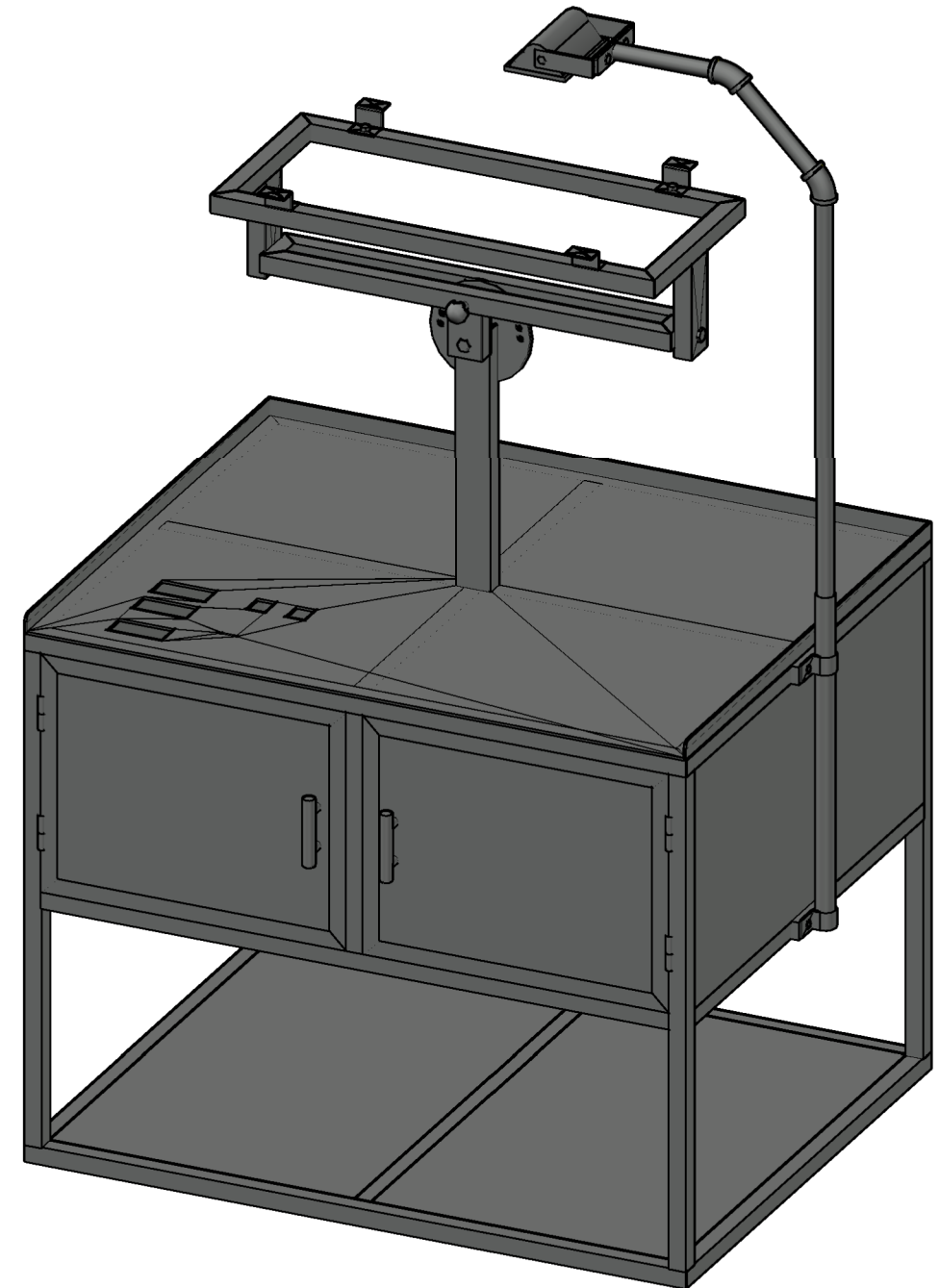
**VISTA SUPERIOR**  
1:2



**VISTA LATERAL IZQUIERDA**  
1:2



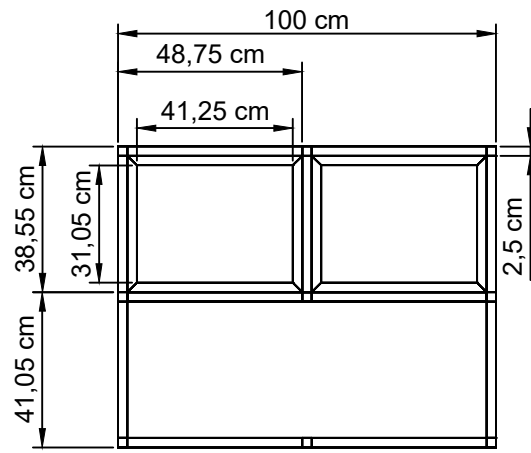
**VISTA LATERAL DERECHA**  
1:2



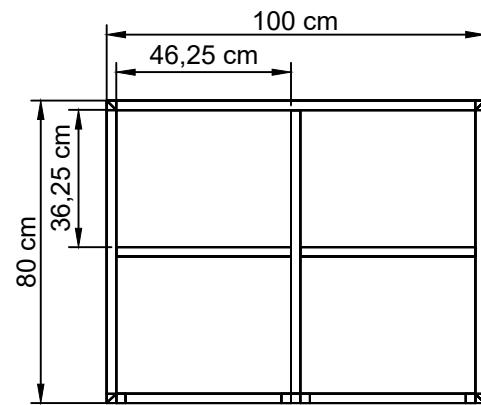
**VISTA ISENTRÓPICA**  
1:1

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT**

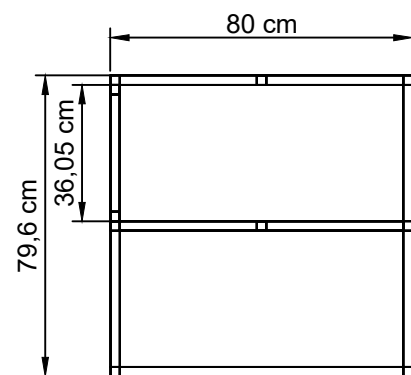
<b>MESA DE TRABAJO</b>	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A	MATERIAL: METAL
	ESCALA:	FORMATO: A3
DISEÑADO POR: LUIS EDUARDO TAPIA TOAPANTA	FECHA: 03/01/2022	LÁMINA: N°1



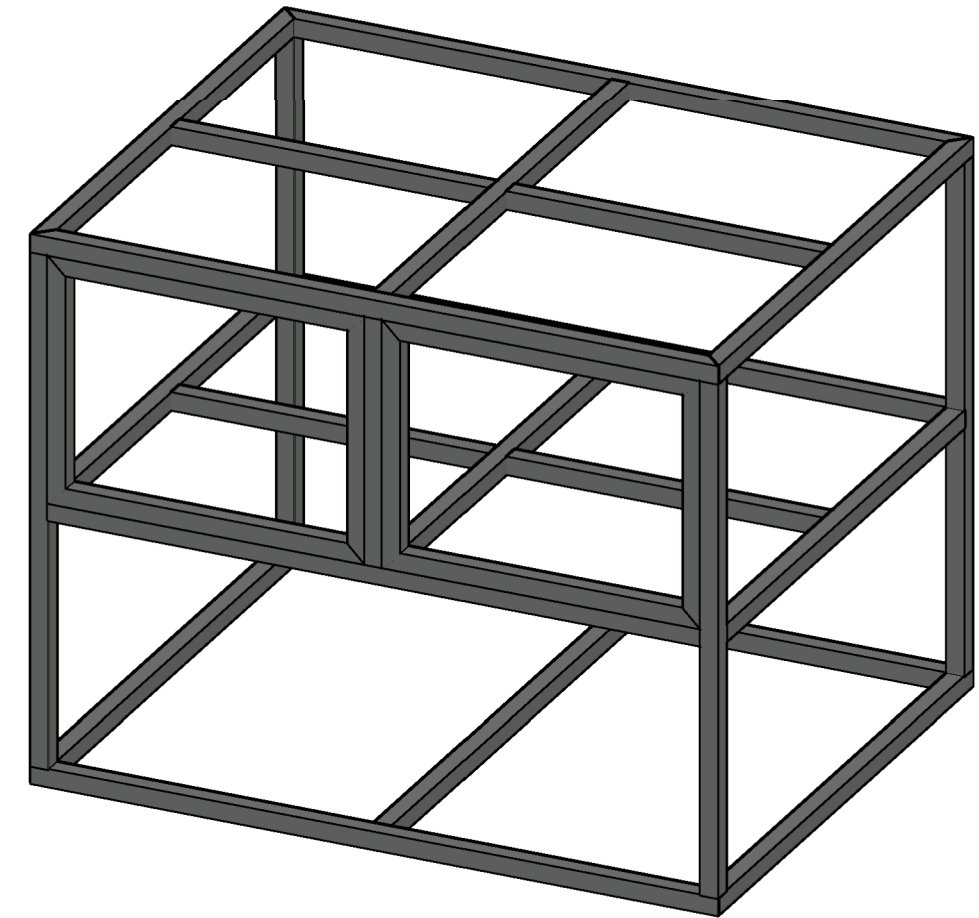
**VISTA FRONTAL**  
1:2



**VISTA SUPERIOR**  
1:2

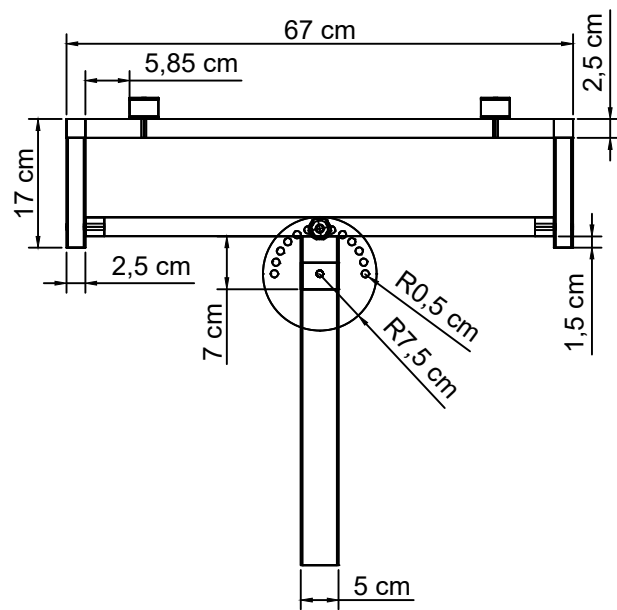


**VISTA LATERAL DERECHA**  
1:2

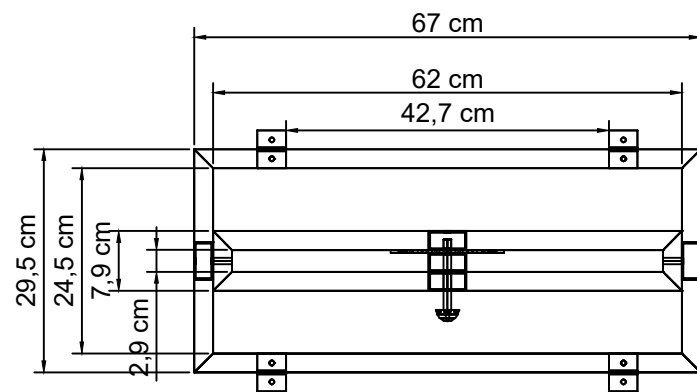


**VISTA ISENTRÓPICA**  
1:1

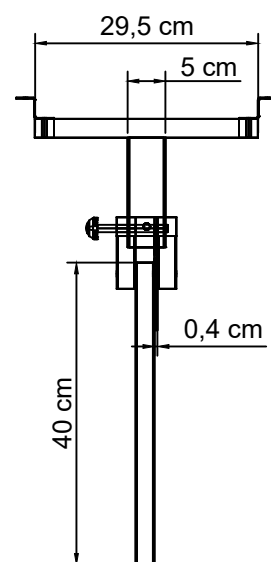
<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT</b>		
<b>MESA DE TRABAJO DE LA ESTRUCTURA</b>	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A	MATERIAL: METAL
	ESCALA:	FORMATO: A3
DISEÑADO POR: LUIS EDUARDO TAPIA TOAPANTA	FECHA: 03/01/2022	LÁMINA: N°2



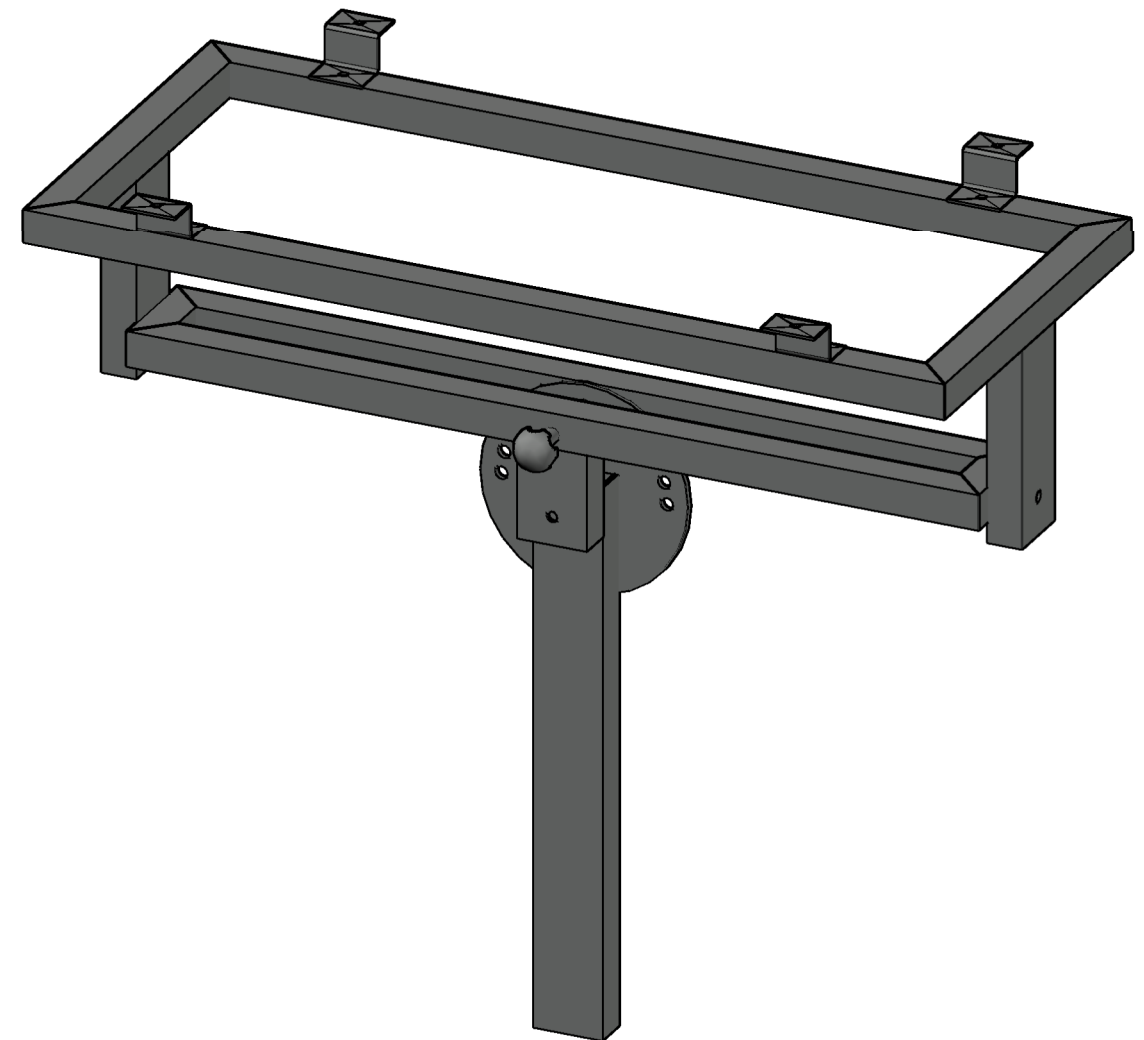
**VISTA FRONTAL**  
1:1



**VISTA SUPERIOR**  
1:1



**VISTA LATERAL**  
1:1



**VISTA ISENTRÓPICA**  
2:1

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT**

**SOPORTE DE MOVIMIENTO  
DEL PANEL SOLAR**

TRATAMIENTO  
TÉRMICO: N/A

MATERIAL: METAL

ESCALA:

FORMATO: A3

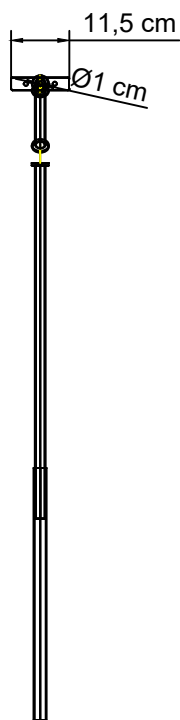
DISEÑADO POR:  
LUIS EDUARDO TAPIA TOAPANTA

FECHA: 03/01/2022

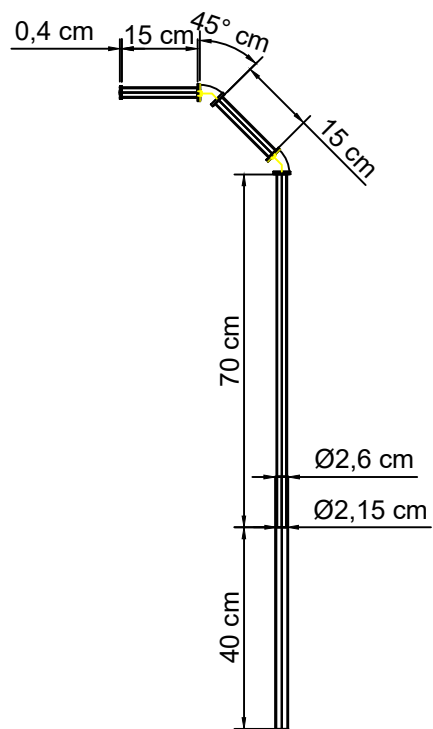
LÁMINA: N°3



**VISTA ISENTRÓPICA  
1:1**



**VISTA LATERAL  
1:1.5**

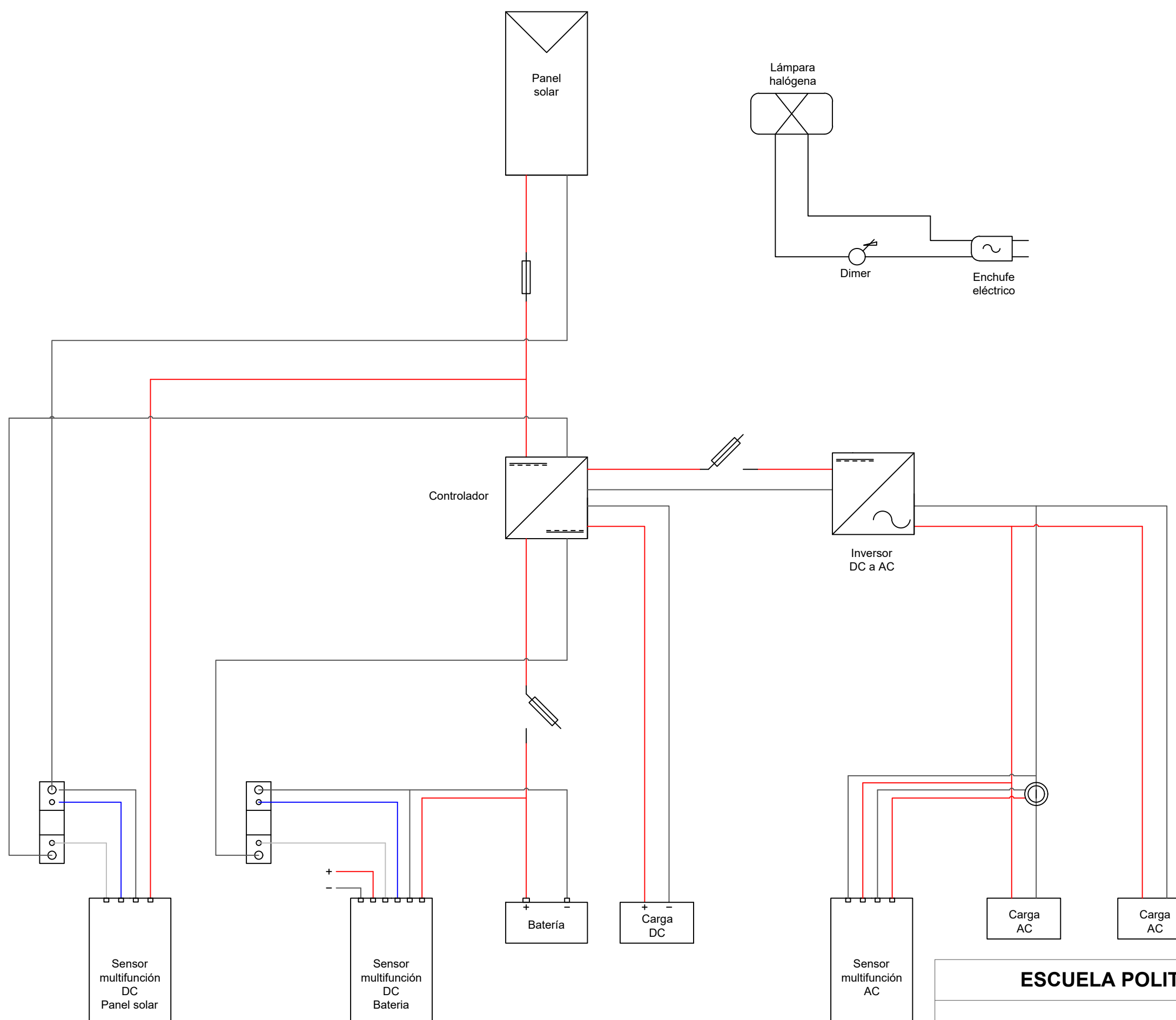


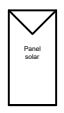







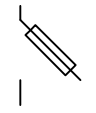


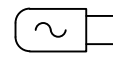
**VISTA FRONTAL  
1:1.5**

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT**

<b>SOPORTE DE LA LÁMPARA HALÓGENA</b>	<b>TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A</b>	<b>MATERIAL: METAL</b>
	<b>ESCALA:</b>	<b>FORMATO: A4</b>
<b>DISEÑADO POR: LUIS EDUARDO TAPIA TOAPANTA</b>	<b>FECHA: 03/01/2022</b>	<b>LÁMINA: N°4</b>

## **ANEXO IV. PLANO ELÉCTRICO**



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	<b>PANEL SOLAR</b>
	<b>CONTROLADOR</b>
	<b>INVERSOR</b>
	<b>BATERÍA</b>
	<b>SENSOR MULTIFUNCIÓN AC</b>
	<b>SENSOR MULTIFUNCIÓN AC BATERÍA</b>
	<b>SENSOR MULTIFUNCIÓN AC PANEL SOLAR</b>
	<b>FUSIBLE</b>
	<b>FUSIBLE TIPO BREAKER</b>
	<b>LÁMPARA HALÓGENA</b>
	<b>DIMER</b>
	<b>ENCHUFE ELÉCTRICO</b>

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A	MATERIAL: N/A
	ESCALA: N/A	FORMATO: A3
DISEÑADO POR: LUIS EDUARDO TAPIA TOAPANTA	FECHA: 03/01/2022	LÁMINA: N°1

## ANEXO V. PRÁCTICAS DEL LABORATORIO

### TEMD521 – ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA HOJA GUÍA COMPONENTE PRÁCTICO PRÁCTICA 1

**Tema:** Medición de parámetros eléctricos en función de la radiación artificial

**Objetivo:**

- Realizar la medición de voltaje, corriente y potencia en función de la radiación artificial

#### 1. Desarrollo

1.1 Realizar la medición de voltaje, corriente y potencia en corriente alterna y corriente directa con radiación artificial, cuya fuente de emisión es una lámpara de 8200 lúmenes. Determinar los datos de la Tabla A5.1.

**Tabla A5.1 Parámetros eléctricos.**

Datos	Potenciómetro (%)	Irradiancia ( $\frac{W}{m^2}$ )	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)
Corriente alterna	10				
Corriente continua					
Panel solar					
Corriente alterna	50				
Corriente continua					
Panel solar					
Corriente alterna	100				
Corriente continua					
Panel solar					

#### 2. Procedimiento

- Cumplir con los pasos establecidos en el video de resolución, al cual se puede acceder mediante el código QR de la Figura A5.1.



**Figura A5.1** Código QR de la práctica 1 realizada

**Enlace:** <https://bit.ly/3qv29r0>

TEMD521 – ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA  
HOJA GUÍA COMPONENTE PRÁCTICO  
PRÁCTICA 2

**Tema:** Medición de parámetros eléctricos en función de la radiación natural

**Objetivo:**

- Realizar la medición de voltaje, corriente y potencia en función de la radiación natural.

**1. Desarrollo**

1.1 Realizar la medición de voltaje, corriente y potencia en corriente alterna y corriente directa con radiación solar, para las cargas determinadas en la Tabla A5.2.

**Tabla A5.2 Parámetros eléctricos.**

Datos	Tipo	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)
Corriente alterna	Focos en paralelo			
	Focos en serie			
Corriente continua	Motor			

**2. Procedimiento**

- Cumplir con los pasos establecidos en el video de resolución, al cual se puede acceder mediante el código QR de la Figura A5.2.



**Figura A5.2** Código QR de la práctica 2 realizada

**Enlace:** <https://bit.ly/3frYnZc>