

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELECTROMECAÁNICA



PROYECTO DE GRADO

**“DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE PANELES  
FOTOVOLTAICOS PARA EL INSTITUTO DE  
INVESTIGACIONES MECÁNICAS Y  
ELECTROMECAÁNICAS”**

Para obtener el Título de Licenciado en Ingeniería Electromecánica

AUTOR: UNIV. SAVEDIO CALLIZAYA CALLE  
TUTOR: ING. ABEL ADUVIRI BONIFAZ

LA PAZ – BOLIVIA



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

## **Resumen**

Diseñar un banco de pruebas de paneles fotovoltaicos para el instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas para prácticas de laboratorio, para obtener y constatar las características descritas en la ficha de datos técnicos que los fabricantes proveen. Posteriormente los datos obtenidos servirán como una nueva ficha de datos en condiciones del instituto IIME y por las instituciones que lo requieran.

En banco de pruebas fotovoltaico, mediante el panel fotovoltaico de 120w, del IIME, se establece la información necesaria de voltaje, amperaje y potencia, por el cual se usaran herramientas digitales como ser; NASA Power para determinar las características propias para suministro de energía solar a los paneles mediante la ubicación geográfica del IIME, simulación de los datos en los programas realizados en el programa de Simulink y Simscape de MatLab y en programa PVSyst para su posterior evaluación de resultados respecto a los valores medidos, dando lugar a el rendimiento real del mismo en el cual se mostrará valores reales mediante un circuito que se comparan con los del panel solar y requiriendo circuitos electrónicos para su mejor eficiencia.

## **DEDICATORIA**

Deseo dedicar el proyecto realizado, a mi familia por su apoyo constante, en especial a mi madre que su paciencia y su bendición a diario, aquellas personas que con su motivación impulsaron a realizar los objetos propuestos.

“Si alguien no te está atacando, significa que no estás haciendo tu trabajo eficientemente”

Savedio Callizaya Calle

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi familia, quienes con su esfuerzo y apoyo incondicional tanto económico como moral supieron apoyarme. Agradecer a mi tutor, una gran persona que con sus conocimientos ayudo a forjar profesionalmente mi mente. Agradecido profundamente con la FACULTAD DE INGENIERIA y la carrera INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA por haber brindado infinidad de conocimientos y experiencias que a lo largo de mi vida universitaria.

Savedio Callizaya Calle

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Planteamiento del Problema .....	1
1.2	Objetivos del Proyecto .....	3
1.2.1	Objetivo general.....	3
1.2.2	Objetivos específicos.....	4
1.3	Justificación.....	4
1.4	Alternativas de Solución.....	10
1.5	Propósito de la Solución.....	11
1.6	Límites y Alcances .....	12
1.6.1	Limites .....	12
1.6.2	Alcances .....	13
2	FUNDAMENTO TEÓRICO .....	14
2.1	Antecedentes .....	14
2.1.1	Antecedentes de investigación realizadas.....	14
2.2	Bases Técnicas.....	18
2.3	Bases Legales.....	20
2.4	Definición de Términos Básicos .....	20
3	INGENIERIA DEL PROYECTO .....	23
3.1	Parámetros de Diseño.....	23
3.2	Cálculos .....	24
3.2.1	Cálculo de los parámetros del banco de pruebas.....	25
3.2.2	Insolación solar en el lugar de prueba .....	28
3.3	Análisis Previos al Diseño del Banco de Pruebas.....	34
3.4	Análisis Energético.....	35
3.4.1	Instalación fotovoltaica conectada a la red .....	36
3.4.2	Instalación fotovoltaica aislada .....	36
3.4.3	Energía eléctrica media de producción de los paneles fotovoltaicos.....	37
3.5	Diseño y Especificación de Elementos.....	40
3.5.1	Diseño del banco fotovoltaico .....	40

3.6	Balance de Materiales.....	46
3.6.1	Entradas .....	47
3.6.2	Controles .....	48
3.6.3	Recursos .....	48
3.6.4	Salidas.....	49
3.7	Planos de Circuitos .....	49
3.7.1	Simulación por Simulink y Simscape de MatLab .....	49
3.7.2	Simulación por PVSyst .....	52
3.8	Fabricación.....	54
3.9	Montaje .....	54
3.10	Análisis de Datos .....	57
3.11	Procesos de Optimización .....	62
3.11.1	PLC .....	63
3.11.2	Propuesta electrónica.....	65
4	COSTOS.....	69
4.1	Costos de Materiales.....	69
4.2	Costos de Elementos Especificados .....	70
4.3	Costo de Instalación.....	71
4.4	Costo Mano de Obra .....	72
4.5	Otros Costos .....	73
4.6	Costo Total.....	74
5	EVALUACIÓN.....	75
5.1	Evaluación Técnica .....	75
5.2	Evaluación Económica.....	77
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
6.1	Conclusiones .....	81
6.2	Recomendaciones.....	82
7	BIBLIOGRAFIA.....	84
7.1	Webgrafía.....	85
8	ANEXOS.....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1.	Sistemas fotovoltaicos instalados en proyectos de Energía.....	6
Fig 2.	Ubicación de Plantas Solares .....	8
Fig 3.	Posiciones del Sol durante el Día.....	14
Fig 4.	Tipos de radiación sobre una superficie.....	15
Fig 5.	Ejemplo de Sistemas FV en dos edificios de Docencia.....	15
Fig 6.	Analizador monofásico PROVA WM-02.....	16
Fig 7.	Operación del prototipo .....	17
Fig 8.	Análisis de la disponibilidad solar.....	18
Fig 9.	Diagrama unifilar banco .....	19
Fig 10.	Diagrama unifilar banco .....	19
Fig 11.	Ilustración de banco de pruebas fotovoltaico .....	20
Fig 12.	P vs I de suministro mediante panel solar.....	23
Fig 13.	Panel Solar Monocristalino .....	24
Fig 14.	Mapa didáctico Nasa Power .....	29
Fig 15.	kW/día durante 3 años.....	31
Fig 16.	Irradiación Solar durante el año 2020 .....	31
Fig 17.	Potencia durante un año .....	34
Fig 18.	Instalación convencional de un panel solar.....	35
Fig 19.	Instalación fotovoltaica conectada a la red .....	36
Fig 20.	Instalación fotovoltaica aislada .....	37
Fig 21.	Capacidad instalada en Bolivia en 2015 y 2018 .....	38
Fig 22.	Eficiencia de células solares y potencias según la tecnología utilizada.....	40
Fig 23.	Tablero frontal.....	41
Fig 24.	Tablero de trabajo.....	42
Fig 25.	Estructura interna del banco fotovoltaico .....	42
Fig 26.	Regulador de carga .....	43
Fig 27.	Inversor de voltaje AC/DC (12/220) .....	43
Fig 28.	Batería Gel.....	44
Fig 29.	Focos de 40 vatios.....	44
Fig 30.	Breaker de 40 [A].....	45



Fig 31.	PLC logo .....	45
Fig 32.	Medidores de corriente y voltaje .....	46
Fig 33.	Multímetros de DC y AC .....	46
Fig 34.	Balance del proceso fotovoltaico .....	47
Fig 35.	Partes del panel Fotovoltaico.....	47
Fig 36.	Programa de circuito de panel solar .....	50
Fig 37.	Curva Característica Corriente de un Panel Solar .....	50
Fig 38.	Curva Característica Voltaje de un Panel Solar .....	51
Fig 39.	Curva Característica Potencia de un Panel Solar .....	51
Fig 40.	Comparación de Curvas Características.....	52
Fig 41.	Programa PVSyst .....	52
Fig 42.	Trayectorias Solares .....	53
Fig 43.	Perdidas de potencial a causa de factores externos.....	53
Fig 44.	Prototipo de estructura del panel de pruebas .....	54
Fig 45.	Diseño de Banco de pruebas.....	55
Fig 46.	Enmallado del banco de pruebas.....	55
Fig 47.	Desplazamiento del Banco de Pruebas .....	56
Fig 48.	Deformaciones Unitarias del Banco de Pruebas.....	56
Fig 49.	Ensamblaje del banco de pruebas .....	57
Fig 50.	Potencial Fotovoltaico Bolivia .....	58
Fig 51.	V vs I.....	61
Fig 52.	P vs V.....	61
Fig 53.	Ficha Técnica.....	62
Fig 54.	Resultados Energéticos .....	62
Fig 55.	Funcionamiento de PLC.....	63
Fig 56.	Diagrama de Bloques .....	64
Fig 57.	Recolección de datos de voltaje, realizado de 0 a 10[v] .....	64
Fig 58.	Intervalos de tiempo de 12[hrs].....	65
Fig 59.	Circuito de inversor de 12DC/220AC .....	66
Fig 60.	Circuito Regulador de Carga.....	66
Fig 61.	Convertidor reductor de corriente continua a corriente alterna .....	67
Fig 62.	Circuito MPPT con medición de corriente.....	68

Fig 63.	Medidor fotovoltaico PCE-PVA 100 .....	75
Fig 64.	SOLAR I-V instrumento multifunción .....	76
Fig 65.	Comprobador fotovoltaico multifunción solar SMFT-1000 de Fluke.....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Escenario de introducción de Energías Renovables.....	7
Tabla 2.	Plantas solares en Operación, Construcción y Planificación .....	10
Tabla 3.	Características Panel Solar.....	24
Tabla 4.	Características panel solar de 120 [W] .....	25
Tabla 5.	Insolación Solar de los años 2019, 2020 y 2021.....	30
Tabla 6.	Potencia Promedio por Célula .....	32
Tabla 7.	Potencia generada por la radiación solar mediante la insolación solar.....	32
Tabla 8.	Voltaje generado por la radiación solar mediante la insolación solar en el panel solar.....	33
Tabla 9.	Potencia de Instalación Solar FV .....	38
Tabla 10.	Tipo de paneles solares y potencia .....	39
Tabla 11.	Elementos de instalación del Banco de Pruebas.....	41
Tabla 12.	Irradiación Solar 2021.....	59
Tabla 13.	Potencia anual 2021 .....	60
Tabla 14.	Potencia por año en [W] .....	60
Tabla 15.	Costos de Materiales .....	69
Tabla 16.	Costos de Diferentes Elementos en el Mercado.....	70
Tabla 17.	Alquiler de instrumentos para la instalación .....	71
Tabla 18.	Costo Mano de Obra .....	72
Tabla 19.	Costos de elementos electrónicos .....	73
Tabla 20.	Precio .....	74
Tabla 21.	Consumo eléctrico por aparato.....	78
Tabla 22.	Energía Obtenida de los Paneles Solares .....	79
Tabla 23.	Comparación de Precios de Paneles Solares .....	80

## ANEXOS

Anexo 1.	Datos técnicos de Tornillos en milímetros .....	86
Anexo 2.	Datos técnicos de Tornillos en pulgadas .....	86
Anexo 3.	Datos técnicos de Tornillos en pulgadas de Perfiles L .....	87
Anexo 4.	Datos técnicos de ángulo de inclinación de paneles solares .....	88

## DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MECÁNICAS Y ELECTROMECAÑICAS

### 1 INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Planteamiento del Problema

Ante el fomento de energías renovables, uno de los relevantes es la construcción de sistemas fotovoltaicos como paneles solares que generan energía limpia, mencionando un ejemplo:

*“Con el objetivo de generar su propia energía limpia y compensar la emisión de gases de efecto invernadero de sus actividades, Banco BISA amplió su capacidad de generación de energía solar a más de 254 [MWh] año, al instalar tres nuevos sistemas de paneles fotovoltaicos en los edificios principales de sus sucursales de las ciudades de Cochabamba, La Paz y Santa Cruz, informó Franco Urquidi, vicepresidente de Negocios de la entidad financiera.” (Los tiempos, 2020).<sup>1</sup>*

También mediante el decreto supremo 4477 que lanzó el gobierno se menciona lo siguiente en el artículo 4:

**“(CONDICIONES GENERALES).** Para efectos de la aplicación del presente Decreto Supremo, se establecen las siguientes condiciones generales:

a) El Distribuidor autorizará la conexión de la Generación Distribuida a su Red de Distribución;

---

<sup>1</sup> Los tiempos, 2020.

b) *Toda instalación para Generación Distribuida, debe ser realizada por empresas instaladoras especializadas, debidamente registradas y habilitadas, de acuerdo a lo establecido en el Parágrafo II del Artículo 6 del presente Decreto Supremo;*

c) *Cuando un Generador Distribuido quiera inyectar su excedente de energía eléctrica, el Distribuidor u operadores eléctricos estará a cargo de la conexión y adecuación, colocación del equipo de medición y otros accesorios necesarios; los costos en los que incurra serán deducidos de la Retribución del Generador Distribuido, aspecto que será establecido por el Ente Regulador del sector eléctrico.*

*En aquellos casos en los que el Distribuidor u operadores eléctricos no pueda realizar la conexión y adecuación, colocación del equipo de medición y otros accesorios necesarios, el Distribuidor u operadores eléctricos asignará a una empresa registrada y habilitada, conforme lo establecido por el Ente Regulador del sector eléctrico, cuyos costos serán asumidos por el Generador Distribuido.” (CÉSPEDES, 2021)<sup>2</sup>*

Instituciones requieren un servicio de laboratorios especializados para la verificación de paneles solares, que ingresan al país, y particulares lo requieran como, por ejemplo:

*“El Instituto Boliviano de Metrología (IBMETRO) lanzó la convocatoria pública a empresas constructoras y de supervisión, a través del Sistema de Contrataciones Estatales (Sicoes), para la construcción de los modernos*

---

<sup>2</sup> CÉSPEDES, 2021

*laboratorios y oficinas que serán instalados en el municipio paceño de Achocalla, para nuevos proyectos relacionados con energías renovables, informó la directora general ejecutiva de esa entidad, Mabel Delgado.” (IBMETRO,2022) <sup>3</sup>*

A partir de las referencias anteriores se puede concluir que existe un problema tanto en la instalación y verificación de las características eléctricas de los paneles solares, que llegan a nuestro país, si cumplen con los estándares que ellos certifican en sus fichas técnicas para las condiciones establecidas en nuestro medio.

¿Es posible diseñar un banco de pruebas paneles de paneles fotovoltaicos para en instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas y ambientes donde se requiera?

## **1.2 Objetivos del Proyecto**

### **1.2.1 Objetivo general**

Diseñar un banco de pruebas de paneles fotovoltaicos para el instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas para prácticas de laboratorio, para obtener y constatar las características descritas en la ficha de datos técnicos que los fabricantes proveen, y también brindar información de periodos de tiempo que se recolecte. Posteriormente los datos obtenidos servirán como una nueva ficha de datos en condiciones que se encuentren los paneles solares del instituto IIME o de quien requiera su servicio.

---

<sup>3</sup> *IBMETRO,2022*

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Realizar Simulaciones de los paneles solares en diferentes condiciones climáticas para el uso didáctico en el instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas.
- Determinar las características y mediciones eléctricas correspondientes como ser: máximo voltaje obtenido en Voltios [V], máxima corriente obtenida en amperios [A], Potencia obtenida en kilovatios [kW] entre otros, para comparar y adecuar con las normas actuales en nuestro país.
- Determinar la radiación solar mediante pruebas necesarias para obtener el calor térmico necesario para su eficiencia optima.
- Generar una ficha técnica del panel solar adecuada para nuestro ambiente climático.
- Determinar si es factible el uso del banco de pruebas en el instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas.

### **1.3 Justificación**

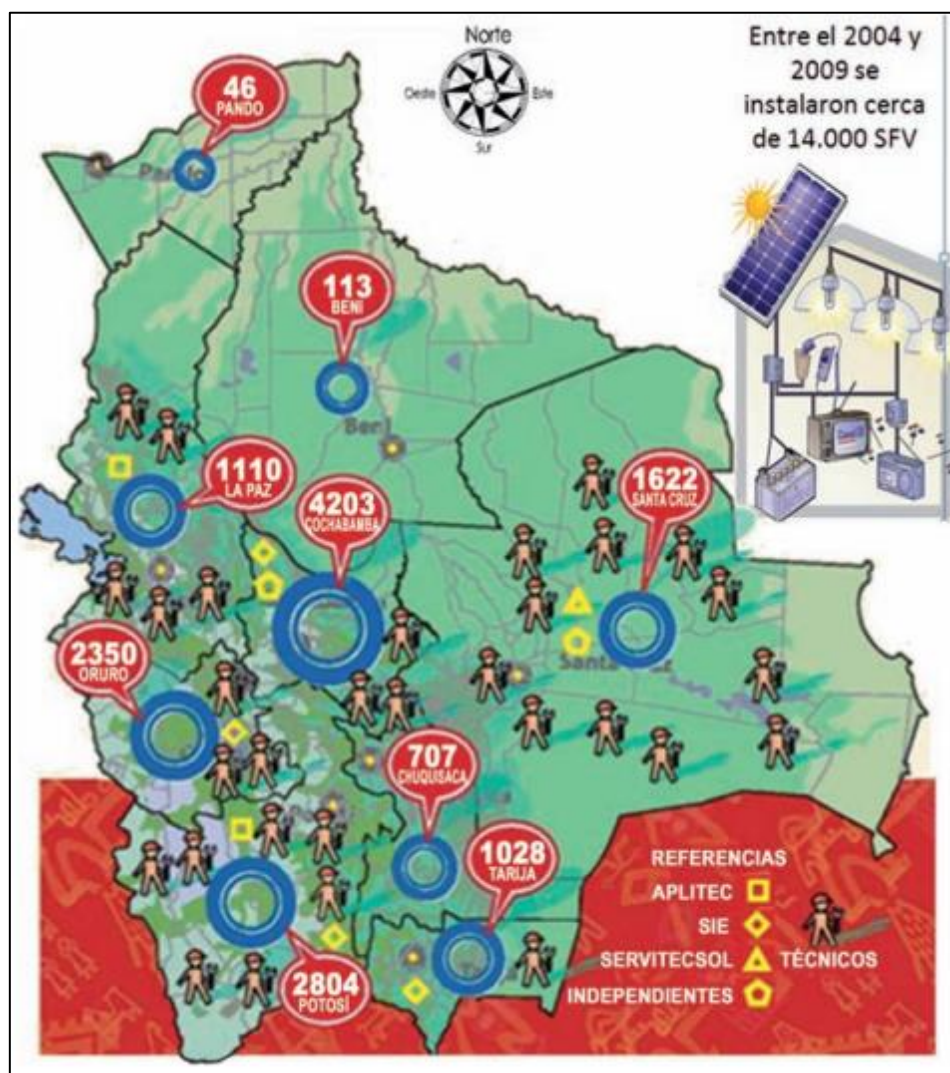
Con la promulgación del Decreto Supremo 4477 se prevé que los ciudadanos adquirirán equipos fotovoltaicos, dando lugar la necesidad de la ciudadanía para su respectivo análisis, así también el instituto boliviano de metrología (IBMETRO), requiere regular los paneles solares, ya sea este individualmente o mediante las diferentes aduanas de nuestro país donde se pretende ingresar los paneles solares. En ese entendido el IIME podrá ofrecer ese servicio de control y verificación ya sea a instituciones reguladoras o a la ciudadanía en general.

El proyecto de grado surgió a partir del ministerio de desarrollo productivo y economía plural, que se basó en los estudios:

- a) **Paneles solares Instalados Bolivia**, Los sistemas fotovoltaicos, que convierten la radiación solar directamente en electricidad de corriente continua de 12 V<sub>33</sub>, la cual, si se desea, podría ser trasformada en electricidad de 220 V. Estos sistemas pueden abastecer las necesidades de una familia rural, pero también accionar bombas de agua, equipos de radiocomunicación o computadoras. Es decir, todo lo que requiera energía eléctrica. Sin embargo, por el alto costo que tienen los sistemas fotovoltaicos, su utilización está focalizada en usos que requieren pequeñas cantidades de energía, pero de manera confiable y segura. Al momento se estima que existen unas 30.000 unidades instaladas en diferentes aplicaciones (viviendas, escuelas, postas, bombas de agua, telecentros, etc.).



Fig 1. Sistemas fotovoltaicos instalados en proyectos de Energía



Fuente: Energía fotovoltaica en Bolivia

Los sistemas fotovoltaicos instalados, en su defecto después de años se ven deterioradas en su rendimiento, en cual se daría un servicio técnico, garantizando así en control y verificación de parámetros de los paneles solares.

- b) **Estudio de inserción de energías renovables en Bolivia**, mediante estudios y datos disponibles en talleres nacionales e internacionales, así como información de agua limpia con energía limpia, plan ENDE 2009, se puede ver la introducción de sistemas fotovoltaicos a Bolivia, en los

cuales se tiene como referencia la demanda energética que necesita, que en consecuencia arrojó los siguientes resultados:

Tabla 1. Escenario de introducción de Energías Renovables

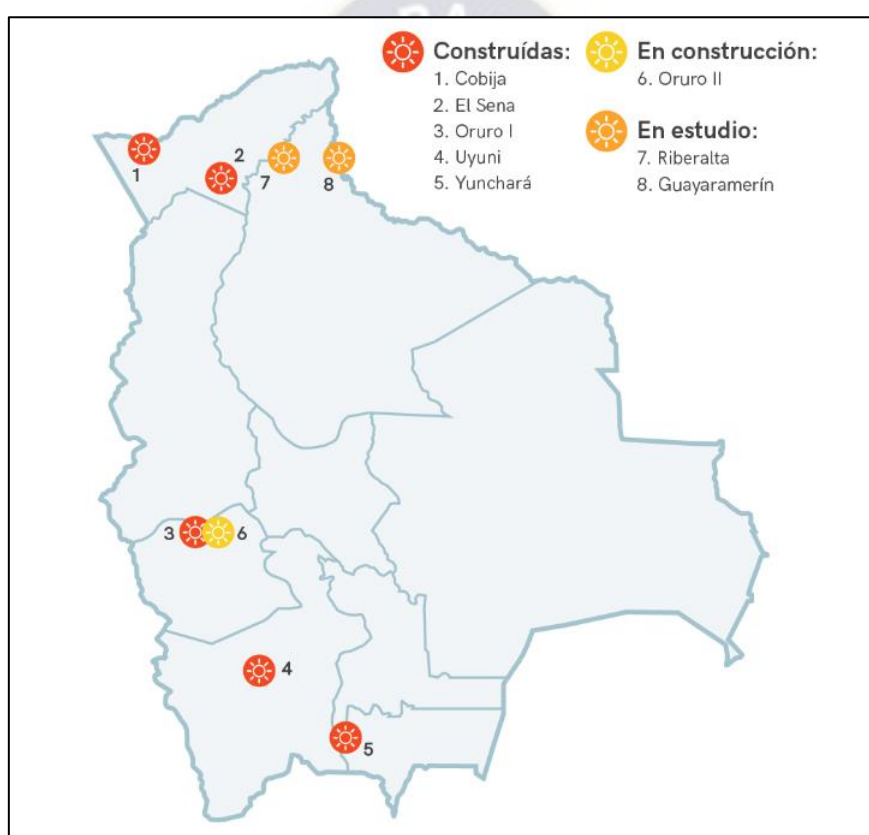
Tecnología	Impacto: desplaza o sustituye	Observaciones
Al menos 150000 sistemas fotovoltaicos domésticos.	2,4 millones de litros de diésel/año 12 millones /año de velas 300000/GLP año 4,8 millones de pilas/año	Instalaciones fundamentalmente domésticas y sociales de pequeña potencia
Al menos 1100 sistemas de bombeo fotovoltaicos comunales.	6,6 millones litros de litros de diésel/año	Instalaciones en comunidades semi nucleadas para el abastecimiento de agua potable y abrevaderos de ganado

Fuente: Energías Renovables y Cambio Climático

- c) **Identificación de plantas fotovoltaicas**, “Tanto la energía fotovoltaica como la termo solar son soluciones reales actualmente. El promedio de los valores de radiación de todos los municipios bolivianos es de 5,57 Kilovatios hora por metro cuadrado (kWh/m<sup>2</sup>) según el Proyecto “El Sol” de la institución sin fines de lucro Energética. Según el estudio “Rol e impacto socioeconómicos de las energías renovables del área rural de Bolivia” 23 realizado por la Plataforma Energética del Centro de Estudios para el Desarrollo Laboral y Agrario (CEDLA) se podría proporcionar alrededor de 220 (Vatios hora por día) Wh/día con un panel fotovoltaico de 50 Vatios Pico (Wp). La energía solar en Bolivia podría ser una solución tecnológicamente viable para la electrificación rural, con sistemas fotovoltaicos o sistemas aéreo solares de calentamiento de agua, sin embargo, una de las barreras para su desarrollo es el alto costo de la

inversión inicial. En 2015 se contrataron consultorías para que determinasen en detalle la potencia de luz solar y biomasa, así como de sistemas híbridos. Actualmente, se cuenta que existen aproximadamente 30.000 instalaciones fotovoltaicas que abastecen a 20.000 familias y 10.000 infraestructuras sociales.” (Bolivia, 2022)

Fig 2. Ubicación de Plantas Solares



Fuente: Fundación SOLON, energías alternativas

Por otro lado también, las empresas generadoras de energía solar necesitan de este servicio como ser:

ENDE GUARACACHI S.A. (Uyuni y Yunchará):

- Planta Solar Fotovoltaica Cobija (Pando): tiene una potencia instalada de 5 MW.
- Planta Solar Fotovoltaica de Yunchará (Tarija): tiene una generación de 5 MW.
- Planta Solar Fotovoltaica Uyuni (Potosí): genera 60 MW y es la central solar más grande construida en Bolivia con 192 hectáreas.
- Planta Solar El Sena (Cobija): la inversión en la construcción de la Planta Solar El Sena es de alrededor de 8.088.337,04 bolivianos cuyo equivalente en dólares es 1.162.117,39 USD.

#### ENDE GENERACION

- Oruro (Etapa 1 + Etapa 2): en la gestión 2021 al Sistema interconectado Nacional (SIN) se adicionó mayor oferta de generación con la incorporación del proyecto fase II de Oruro (50 MW). Ambas etapas producen 100 MW.

Aprovechando las diferentes oportunidades de servicio que requieren en nuestro país.

A continuación, podemos observar la cantidad de paneles solares en operación construcción y planificación:

Tabla 2. Plantas solares en Operación, Construcción y Planificación

Proyectos Fotovoltaicos	Conectado al SIN	Potencia MW	Inversión millones [Bs]	Inversión millones [\$us]	Inversión millones [\$us/MW]	Año de Funcionamiento
Cobija	NO	5,0	78	11	2,2	2015
Uyuni - Potosí	SI	60	654	94	1,6	2017
Oruro fase I	SI	50	870	125	2,5	2018
Yunchará - Tarija	SI	5,0	69	10	2,0	2017
Oruro Fase II	SI	50	870	125	2,5	2019
Riberalta	NO	5,8	83	12	2,0	2018
Total		175,8	2624	377	2,1	

Fuente: Rendición Publica de ENDE 2016

Pero debido a la falta de infraestructura para instalar un banco y sobre todo la instalación de paneles solares para su verificación de parámetros, por lo cual se suspendió el servicio hasta el 2025, año que se concluirá la construcción de su nuevo predio en Achocalla.

A efecto de aprovechar el servicio de verificación de parámetros de paneles solares que ingresarán al país en los próximos años, se vio la posibilidad que el instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas pueda brindar dicho servicio, por esta razón se realizará el proyecto de grado para comprobar la factibilidad de construcción de un banco de pruebas solares.

#### **1.4 Alternativas de Solución**

Los parámetros básicos que permiten cuantificar el suministro de energía eléctrica son: el Voltaje [V], corriente o corriente eléctrica, [A], y potencia [kW], que son necesarios para verificar si nuestro panel solar está en funcionando correctamente, en el cual contamos con diversos instrumentos de medida como:

MULTIMETRO DIGITAL, es un instrumento de comprobación utilizado para medir dos o más valores eléctricos, principalmente tensión (voltios), corriente (amperios) y resistencia (ohmios).

VATÍMETRO, es un instrumentó electrodinámico para medir la potencia eléctrica de un circuito dado.

PIRANÓMETROS, es radiómetro diseñado para medir la irradiancia de una superficie plana, normalmente de la radiación solar.

PINANÓMETRO, es un instrumentó meteorológico para medir de manera muy precisa la radiación solar.

OSCILOSCOPIO, es un instrumento de visualización electrónico para la representación gráfica de señales eléctricas, que pueden variar en el tiempo.

### **1.5 Propósito de la Solución**

Es necesario una automatización para obtener datos, en el instante o en periodos de tiempo del suministro de energía eléctrica del panel solar. En consecuencia, diseñar un banco de pruebas específicamente para paneles solares se minimiza el uso de distintos instrumentos de medición y tiempo de vida de los mismos, dando lugar a las fichas de datos técnicos.

El diseño del presente Proyecto se usará distintas herramientas de programación, como ser:

**MULTISIM**, es un software de aplicación, para la enseñanza de circuitos para cursos y laboratorios de electrónica de potencia, analógica y digital. Visualice circuitos y reafirme la teoría con instrumentos simulados,

análisis avanzados y miles de componentes interactivos, que se realiza un previo diseño para un resultado de obtención de datos.

**PROTEUS**, es una herramienta software que permite la simulación de circuitos electrónicos con microcontroladores, este será un uso comparativo al anterior software.

**SOLIDWORKS**, es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D, donde se diseñará el montaje del circuito eléctrico.

**POWER NASA**, página web que brinda información de radiación solar en distintos lugares del planeta, mediante un satélite artificial en órbita, necesario para observar los picos altos de radiación solar en el año.

**ARDUINO**, es una placa que tiene todos los elementos necesarios para conectar periféricos a las entradas y salidas de un microcontrolador. Es decir, es una placa impresa con los componentes necesarios para que funcione el microcontrolador y su comunicación con un ordenador a través de la comunicación serial, que nos permitirá diseñar el almacenamiento de datos en periodos de tiempo.

## 1.6 Límites y Alcances

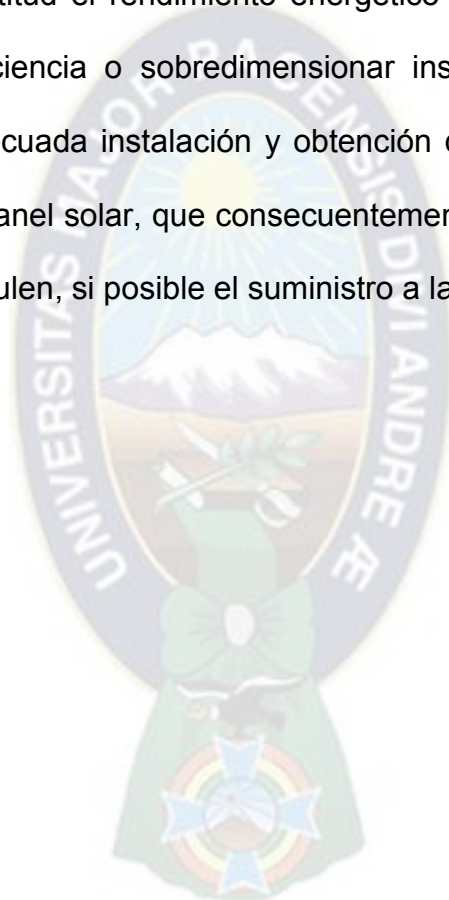
### 1.6.1 Límites

Este Proyecto sólo es una propuesta de diseño para pruebas de sistemas fotovoltaicos necesariamente dedicados a la verificación, experimentación y control, que no abarca a las instalaciones enormes de paneles solares es decir, paneles monofaciales y no bifaciales, se tendrá que modificar el diseño de la estructura debido a que se tiene que analizar

otras variables como la altura de instalación del panel o tipo de suelo, el diseño a excepción de la estructura se podrá modificar a tecnologías futuras.

### **1.6.2 Alcances**

Se podrá realizar un mejor diseño, eso quiere decir que se podrá saber con mayor exactitud el rendimiento energético de cada panel, para no instalar en deficiencia o sobredimensionar instalaciones domiciliarias, promover la adecuada instalación y obtención de energía eléctrica que proporciona el panel solar, que consecuentemente ayudará para que las instituciones regulen, si posible el suministro a la red principal.





## 2 FUNDAMENTO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

Mediante proyectos anteriores de, investigación, experimentación y funcionamiento de los paneles solares, como, por ejemplo:

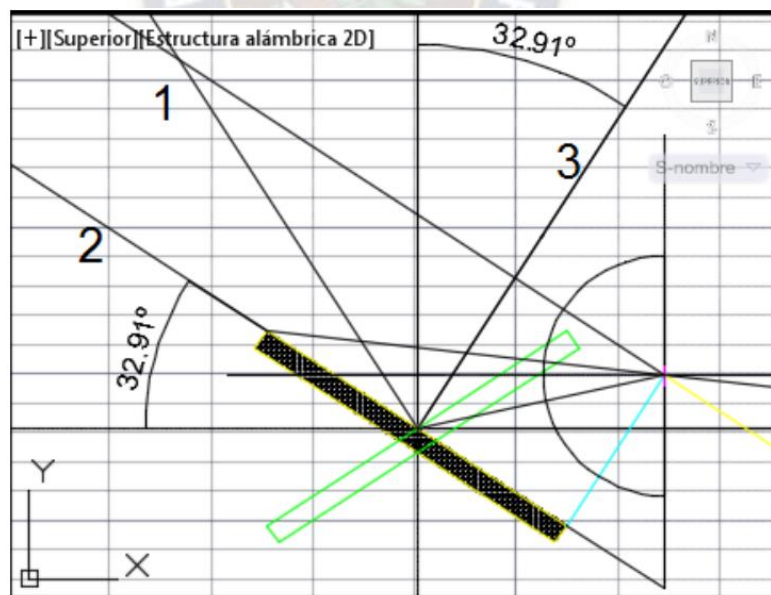
#### 2.1.1 Antecedentes de investigación realizadas

##### 2.1.1.1 Proyectos de grado de universidades nacionales

También mencionar los proyectos y textos de referencia:

- a) “Requisitos básicos para instalación de bancos” proyecto de grado de la carrera de ingeniería mecánica-electromecánica de 2017 donde se encuentran los requerimientos para el banco de pruebas.

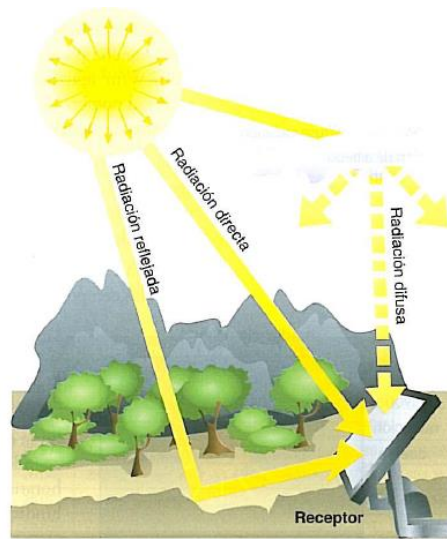
Fig 3. Posiciones del Sol durante el Dia



Fuente: Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Tecnología.

- b) “Instalaciones Solares fotovoltaicas” donde se muestra los pasos de instalaciones de los paneles solares (Figura 1).

Fig 4. Tipos de radiación sobre una superficie



Fuente: Instalaciones Solares fotovoltaicas. (Castejon, 2010)

#### 2.1.1.2 Proyectos de grado de universidades extranjeras.

- a) "Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira" donde se menciona el diseño de paneles solares para la implementación a la red eléctrica.

Fig 5. Ejemplo de Sistemas FV en dos edificios de Docencia



Fuente: Universidad Privada del Valle, México.

- b) “diseño e implementación de un medidor de energía electrónica para vivienda, con orientación a la prevención de consumo y ahorro” universidad politécnica salesiana sede Cuenca, que se muestra rescatable como se diseña un banco de pruebas para analizador monofásico.

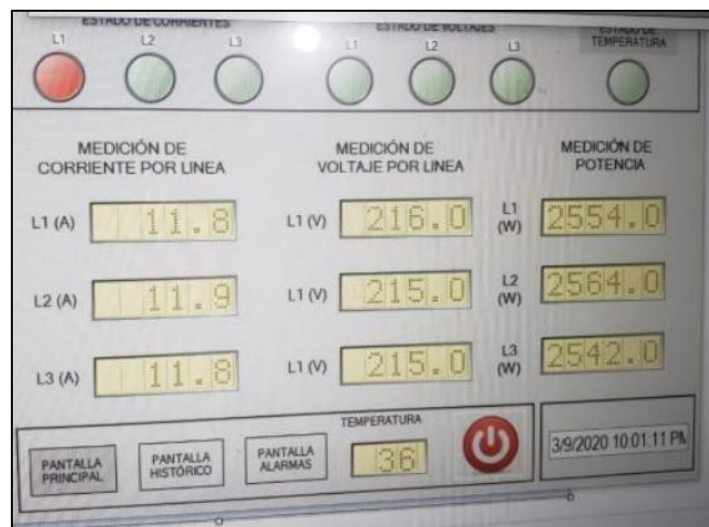
Fig 6. Analizador monofásico PROVA WM-02



Fuente: Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

- c) “Diseño de un prototipo analizador de energía para monitoreo de parámetros tensión, corriente y temperatura con registro de eventos en sistemas de distribución monofásicos en 240VAC hasta @KVA de potencia, mediante la plataforma de ARDUINO y la aplicación SCADA monitorizada, dirigido a clientes APMER ECUADOR S.A.” Realizada por la universidad politécnica salesiana del país de Ecuador.

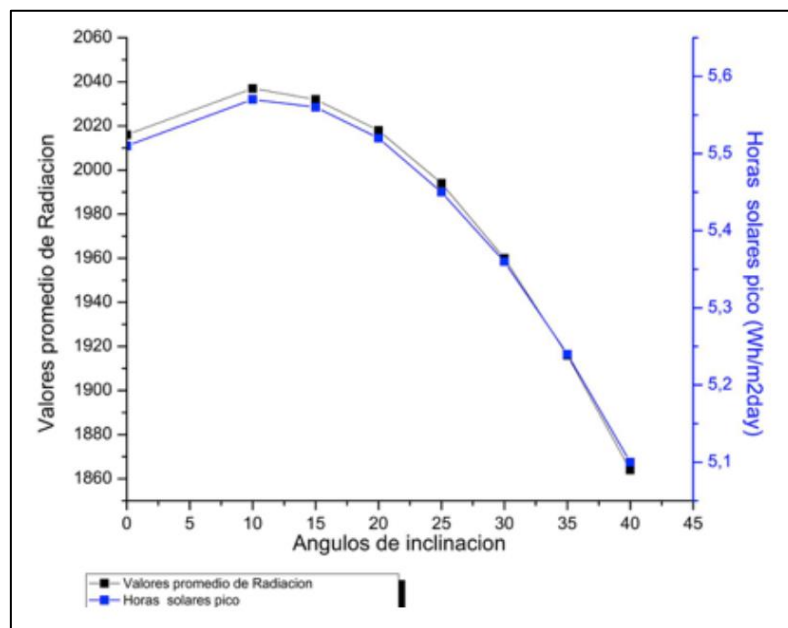
Fig 7. Operación del prototipo



Fuente: Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

- d) “Diseño técnico y económico de un banco de prueba solar fotovoltaico para generación de energía eléctrica de forma aislada” En este artículo se presenta el diseño técnico y económico de un banco de prueba solar fotovoltaico para suministro de energía eléctrica de forma aislada la cual fue motivada principalmente por la importancia que tiene el desarrollo de las energías renovables en la región Caribe colombiana, y la necesidad de implementar en la Universidad del Atlántico un programa integral para la evaluación y aprovechamiento del recurso renovable, en este caso el recurso solar. El proyecto se inicia con el análisis detallado de la información fundamental disponible en las diferentes bases de datos acerca de investigaciones afines, posteriormente se utilizaron datos de radiación solar de la zona de estudio para proceder a aplicar un método de dimensionado del sistema fotovoltaico aislado y, por último, se realiza el análisis económico del sistema, realizado por la Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia.

Fig 8. Análisis de la disponibilidad solar



Fuente: Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia

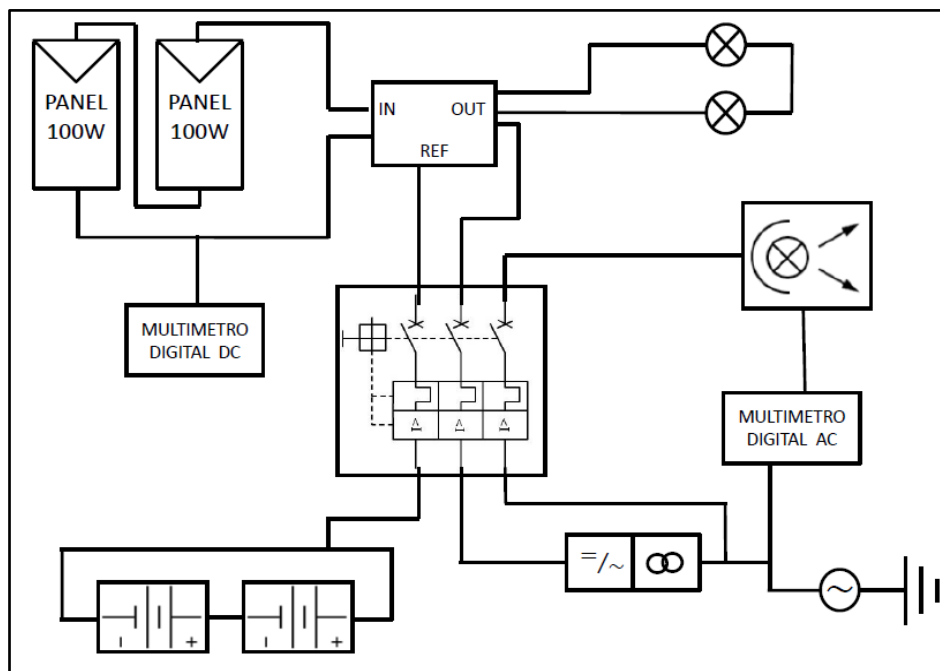
## 2.2 Bases Técnicas

Las bases técnicas para el diseño del banco de pruebas son:

- Energía solar fotovoltaica
- Coordenadas y movimientos de la tierra
- Coordenadas solares
- Orientación del generador fotovoltaico
- Radiación solar
- Efecto fotovoltaico
- Semiconductores P y N
- Célula solar
- Módulos fotovoltaicos

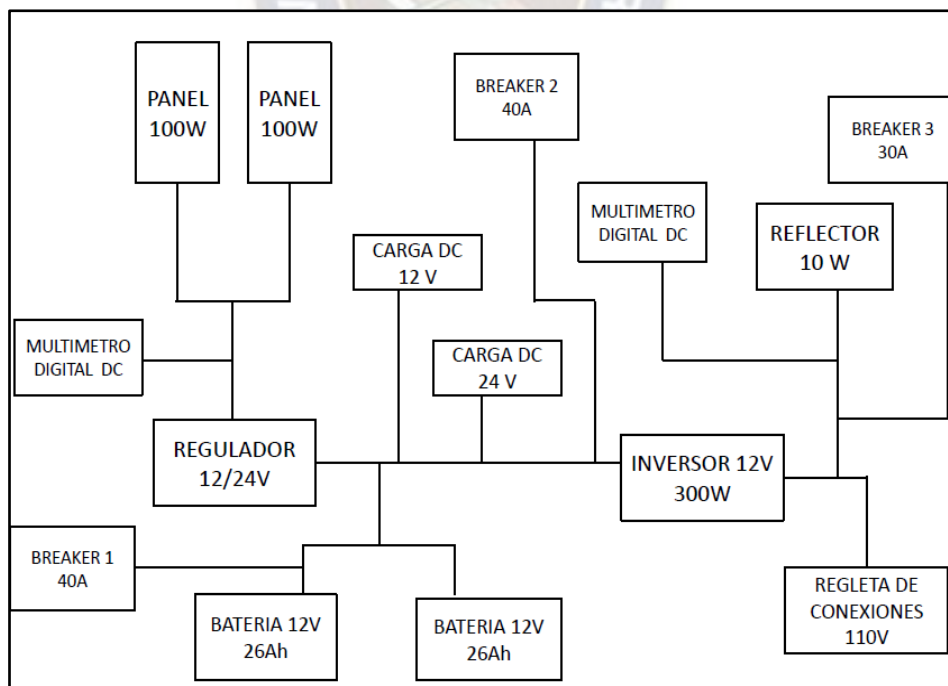
A partir de lo anterior se diseña un banco de pruebas mostrado. (Figura 2 y 3)

Fig 9. Diagrama unifilar banco



Fuente: Revista UIS Ingenierías. (Rúa-Ramirez & Mendoza-Jimenz, 2021)

Fig 10. Diagrama unifilar banco



Fuente: Revista UIS Ingenierías. (Rúa-Ramirez & Mendoza-Jimenz, 2021)

Fig 11. Ilustración de banco de pruebas fotovoltaico



Fuente: Revista UIS Ingenierías. (Rúa-Ramirez & Mendoza-Jimenz, 2021)

### 2.3 Bases Legales

Dentro de las bases legales se menciona el decreto supremo N°4477, referido a la regulación de energía eléctrica Artículo 6 párrafo IV como: “IV. El equipo de medición y las instalaciones eléctricas para la Generación Distribuida, deben ser certificados por el Distribuidor u operadores eléctricos decreto supremo N°4477, de acuerdo a lo establecido por el Ente Regulador del sector eléctrico.” (Choquehuanca Céspedes, 2021).

### 2.4 Definición de Términos Básicos

La metodología para el diseño se basa en la implementación del panel solar, y consecuentemente el análisis de las características eléctricas, mediante un banco de pruebas para su funcionamiento apropiado, como ser el voltaje, la intensidad de corriente eléctrica. Potencia eléctrica, temperatura, para que consecuentemente se pueda realizar una curva donde se verá el óptimo rendimiento.

IRRADIANCIA, es la cantidad de radiación solar que cae sobre un área particular en un momento dado. Se mide en vatios por metro cuadrado [ $W/m^2$ ].

IRRADIACIÓN, es una medida de energía solar, es la cantidad de irradiancia que cae en una ubicación a través del tiempo, se mide en kWh/metro cuadrado/día [ $W/ m^2/día$ ].

$V_{oc}$ , es el voltaje máximo que un módulo solar puede dar cuando no tiene carga sobre él.

$V_{mp}$ , la potencia máxima de los voltios, es la lectura del voltaje máximo que un módulo puede producir cuando está sometido a carga bajo condición de prueba permanente.

$I_{sc}$ , cantidad máxima de amperios que un módulo solar podría producir.

$I_{mp}$ , corriente encontrada en la parte posterior de cada módulo solar fotovoltaico y es una información estándar de los fabricantes.

VOLTAJE, es una medida de la fuerza o presión de la corriente eléctrica en un circuito, se mide en voltios [V].

CORRIENTE, es la cantidad de electrones cargados negativamente en una parte específica de un circuito, medido en amperios [A].

RESISTENCIA, es la resistencia del flujo de electricidad a través de un conductor, medida en ohmios [ $\Omega$ ].

POTENCIA ELECTRICA, es un parámetro que indica la cantidad de energía eléctrica transferida de una fuente generadora a un elemento consumidor por unidad de tiempo. Se mide en vatios [W].



El desarrollo se realizará en el Instituto de Investigaciones Mecánicas y Electromecánicas de la Carrera de Ingeniería Mecánica y electromecánica (IIME) que se obtendrá la información que se puede recolectar para su posterior diseño.



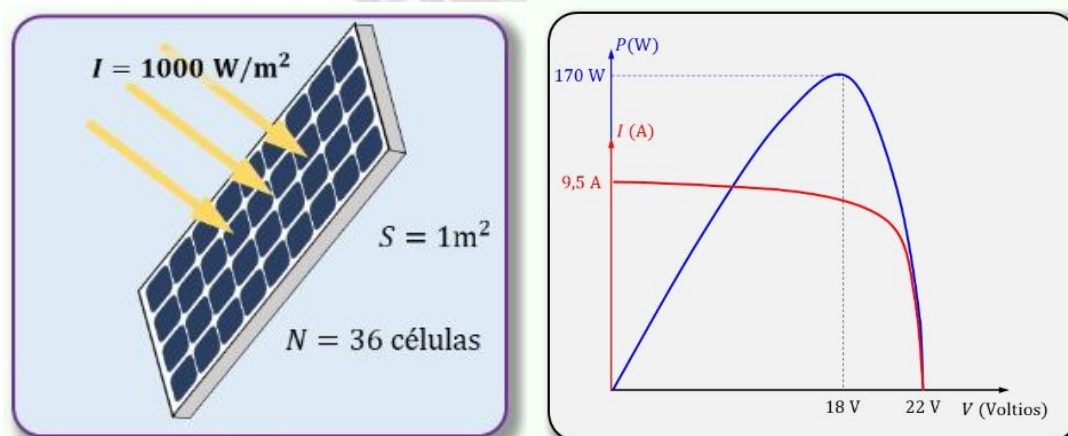
### 3 INGENIERIA DEL PROYECTO

#### 3.1 Parámetros de Diseño

Mediante el panel fotovoltaico de 120w, se establece la información necesaria para el banco fotovoltaico, para su posterior evaluación de resultados respecto a los valores medidos, dando lugar a el rendimiento real del mismo en el cual se mostrará valores reales mediante un circuito, a partir de factores como un multímetro digital, en su defecto un circuito implementado en un microcontrolador, realizado para la implementación de en dicho lugar y evaluación del mismo.

Estos valores deben ser correspondientes de acuerdo al grafico P vs I deben ser lo más parecidos posibles a la figura 5 mostrado a continuación:

Fig 12. P vs I de suministro mediante panel solar



Fuente: EERR – E Solar FV. (EERR, 2020)

De acuerdo a estos valores fijados se deben tener para la eficiencia de los paneles solares tomando como referencia los que el proveedor nos ofrece, como se puede ver en la siguiente imagen:

Fig 13. Panel Solar Monocristalino



Fuente: Base de datos. (PROSTAR, 2021)

Dando como características lo siguiente:

Tabla 3. Características Panel Solar

Modulo	36 Cell
Potencia máxima (P <sub>máx</sub> )	120 W
Tolerancia positiva	0/+3 W
Máxima eficiencia	18.46%

Fuente: Base de datos. (PROSTAR, 2021)

Estos datos serán indispensables para la posterior evaluación del sistema fotovoltaico en el banco de pruebas.

### 3.2 Cálculos

Para el cálculo del banco de pruebas, utilizado en el instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas tomaremos las referencias de especificaciones de los paneles solares instalados:

Tabla 4. Características panel solar de 120 [W]

Modulo	BP 2120 UL
Potencia máxima (P <sub>máx</sub> )	120,00 [W]
Tensión de potencia máx. (V <sub>mp</sub> )	17,40 [V]
Tensión de corriente máx. (I <sub>mp</sub> )	7,20 [A]
Tensión de circuito abierto (V <sub>oc</sub> )	22,00 [V]
Corriente de cortocircuito (I <sub>sc</sub> )	8,10 [A]
Eficiencia de Célula	12.90 %
Resistencia al fuego	Clase C
Temperatura normal de funcionamiento	45±2,00 °C
Energía o potencia generada de los paneles solares	90,00 [W]

Fuente: Base de datos. (PROSTAR, 2021).

Para dimensionar la capacidad de los distintos dispositivos en el mercado nacional en el sistema fotovoltaico se usará siguientes ecuaciones tomando como datos la tabla de las características anteriormente:

### 3.2.1 Cálculo de los parámetros del banco de pruebas

Las fórmulas serán usadas para identificar la potencia que genera el panel solar y así diseñar los requerimientos de los dispositivos a usarse en el banco de pruebas:

#### Potencia de paneles solares.

$$E_T = E_P * R \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

$E_T$ : Potencia de los paneles solares [W].

$E_p$ : Energía o potencia generada de los paneles solares [W].

R: Rendimiento de los paneles solares.

$$E_T = 90 * 12.9$$

$$E_T = 1161 [W]$$

### Capacidad útil de la batería.

$$C_u = \frac{E_T * N}{V * P_d} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

$C_u$ : Capacidad útil de la batería.

N: Número de días de autonomía.

V: Voltaje del sistema [V].

$P_d$ : Profundidad de descarga (Máximo 50%).

$$C_u = \frac{1161 * 100}{11.3 * 0.5}$$

$$C_u = 20548.67$$

### Corriente de cortocircuito máxima

$$I_{sc_{m\acute{a}x}} = I_{sc} * F_s \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

$I_{sc_{m\acute{a}x}}$ : Corriente de cortocircuito máxima.

Isc: Corriente de cortocircuito.

Fs: Factor de seguridad (10% máximo).

$$I_{SCm\acute{a}x} = 8.1 * 0.1$$

$$I_{SCm\acute{a}x} = 0.81 [A]$$

### Corriente el\u00e9ctrica

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

Donde:

P: Potencia el\u00e9ctrica [W]

I: Corriente el\u00e9ctrica [A]

Despejando:

$$I = \frac{P}{V} \dots \dots \dots (5)$$

$$I = \frac{90}{213} = 0.42 [A]$$

Calculamos en rendimiento fotovoltaico del sistema con la siguiente ecuaci\u00f3n:

$$n_{Fot} = \frac{FF * Voc * Isc}{G * A} \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

FF: Factor de forma sin dimensiones.

Voc: Voltaje de cortocircuito abierto [V].

Isc: Corriente de corto circuito [A]

$$n_{Fot} = \frac{0.70 * 22 * 8.1}{1 * 10} \dots \dots \dots (6)$$

$$n_{Fot} = \frac{0.70 * 22 * 8.1}{2 * 100} = 0.62$$

### Factor de forma

$$FF = \frac{V_{mp} * I_{mp}}{V_{oc} * I_{sc}} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

Vmp: Tensión de potencia máxima [V].

Imp: Corriente de potencia máxima [A].

$$FF = \frac{17.4 * 7.2}{22 * 8.1} = 0.70$$

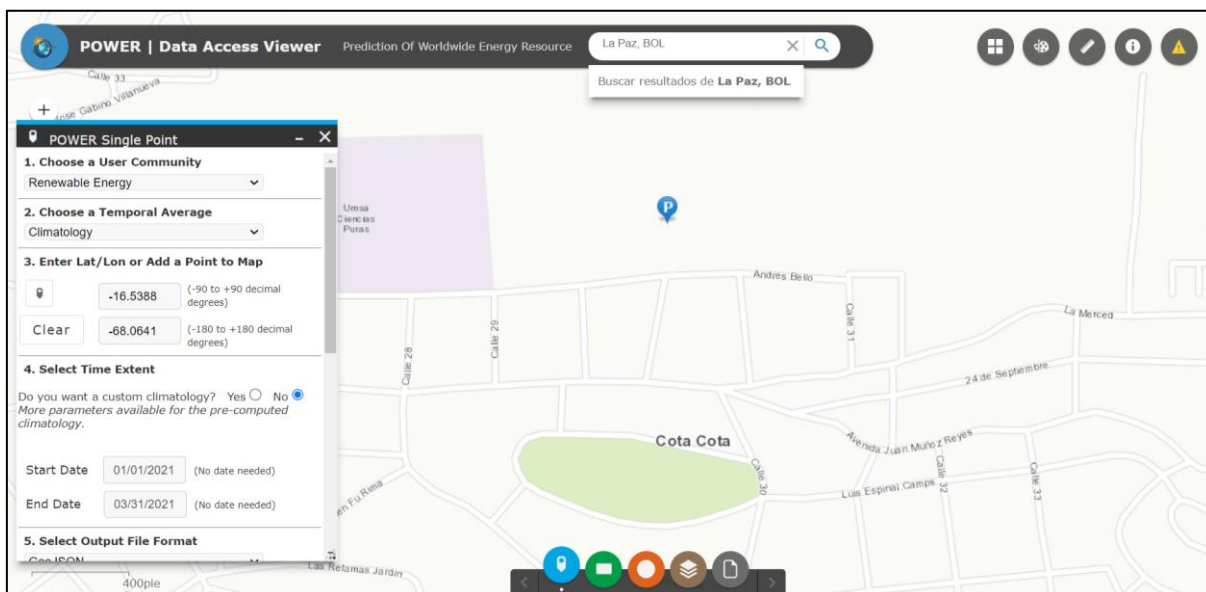
Para calcular el rendimiento fotovoltaico en condiciones estándar de irradiancia y temperatura según la norma IEC 60904-1, para caracterizar módulos, generadores solares y células fotovoltaicas, son la siguientes:

Irradiancia: 1000 [W/m<sup>2</sup>], temperatura de células: 25 [°C], distribución espectral de la luz: AM1.5G. (Rúa-Ramirez & Mendoza-Jimenz, 2021).

### 3.2.2 Insolación solar en el lugar de prueba

La herramienta para determinar la insolación solar en la ubicación será mediante el programa:

Fig 14. Mapa didáctico Nasa Power



Fuente: Power Data Access Viewer. (NASA, 2020)

Nasa Power (Power Data Access Viewer), describe las condiciones meteorológicas en la que se encuentra la zona en concreto a estudios, tanto de insolación, irradiación, humedad relativa, temperatura, geometría solar, etc. Establecidos para periodos de tiempo en hora, días, meses y años, desde 1981 a 2021.



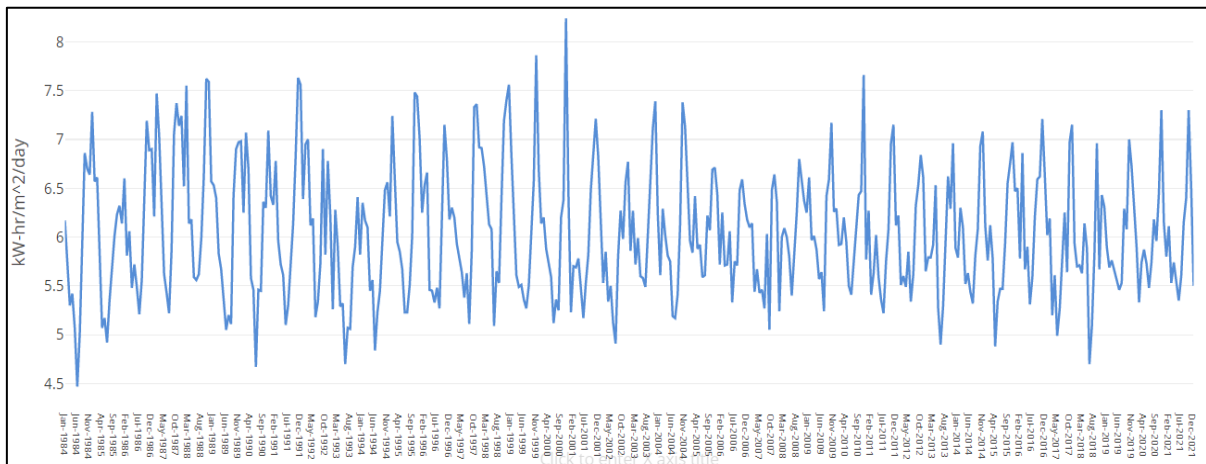
Tabla 5. Insolación Solar de los años 2019, 2020 y 2021

Irradiación Solar [kW hr/m <sup>2</sup> día]				
Nº	Año	2019	2020	2021
1		5,90	5,90	5,80
2		5,69	5,33	6,11
3		5,76	2,74	5,53
4		5,66	5,87	5,74
5		5,55	5,73	5,52
6		5,46	5,48	5,35
7		5,53	5,74	5,60
8		6,29	6,18	6,15
9		6,08	5,96	6,40
10		7,00	6,45	7,30
11		6,72	7,30	6,52
12		6,34	6,15	5,50
Promedio		6,00	5,74	5,96

Fuente: Power Data Access Viewer. (NASA, 2020)

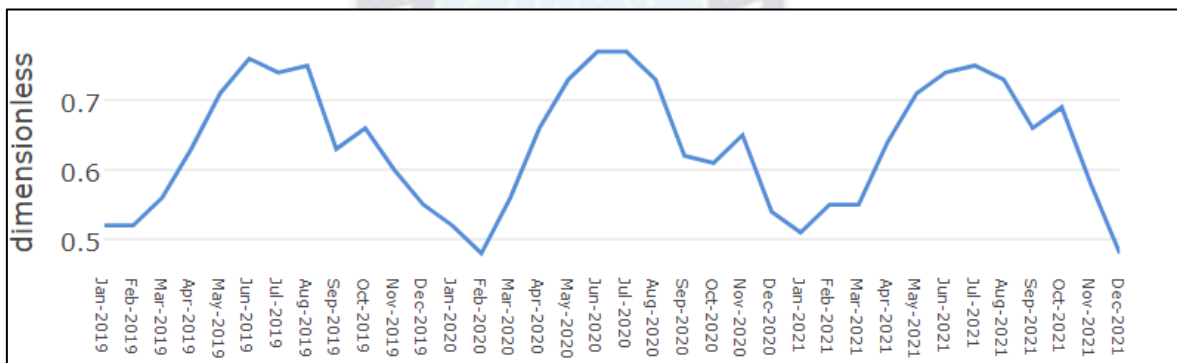
Los datos mostrados en la tabla 3, reflejan la insolación solar media durante el transcurso del año, durante cada mes realizados por insolación solar sobre climatología tomados en el instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas, con -16.53888180104429, -68.06312779385861 de latitud y longitud en kW hr/m<sup>2</sup> día.

Fig 15. kW/día durante 3 años



Fuente: Power Data Access Viewer. (NASA, 2020)

Fig 16. Irradiación Solar durante el año 2020



Fuente: Power Data Access Viewer. (NASA, 2020)

Para tener la potencia promedio se la divide entre el área de paneles solares, número y tipo de celdas 36 (4x9), 156x156 [mm].

$$Area_{panel\ solar} = (156 * 156)mm^2 * \frac{1\ m^2}{1\ 000\ 000\ mm^2} * 36 = 0.88\ m^2$$

Tabla 6. Potencia Promedio por Célula

Nº	Año	Promedio
1	2019	124,96
2	2020	119,48
3	2021	124,16

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7. Potencia generada por la radiación solar mediante la insolación solar

Insolación solar calculada					
Nº	Años		2019	2020	2021
	Meses				
1	Enero		558,70	558,70	549,23
2	Febrero		538,82	504,73	578,59
3	Marzo		545,45	259,47	523,67
4	Abril		535,98	555,86	543,55
5	Mayo		525,56	542,60	522,72
6	Junio		517,04	518,93	506,62
7	Julio		523,67	543,55	530,29
8	Agosto		595,63	585,22	582,38
9	Septiembre		575,75	564,38	606,05
10	Octubre		662,87	610,31	691,28
11	Noviembre		636,35	691,28	617,41
12	Diciembre		600,37	582,38	520,83

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8. Voltaje generado por la radiación solar mediante la insolación solar en el panel solar

Voltaje Solar Calculada [V]				
Nº	Años Meses	2019	2020	2021
1	Enero	6,90	6,90	6,78
2	Febrero	6,65	6,23	7,14
3	Marzo	6,73	3,20	6,47
4	Abril	6,62	6,86	6,71
5	Mayo	6,49	6,70	6,45
6	Junio	6,38	6,41	6,25
7	Julio	6,47	6,71	6,55
8	Agosto	7,35	7,22	7,19
9	Septiembre	7,11	6,97	7,48
10	Octubre	8,18	7,53	8,53
11	Noviembre	7,86	8,53	7,62
12	Diciembre	7,41	7,19	6,43

Fuente: Elaboración Propia

Fig 17. Potencia durante un año



Fuente: Elaboración Propia

### 3.3 Análisis Previos al Diseño del Banco de Pruebas

En el sistema de paneles solares se prevé usar, para el instituto de investigaciones mecánica y electromecánicas, a fin de tener un dato exacto de la eficiencia energética del panel solar del mismo tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

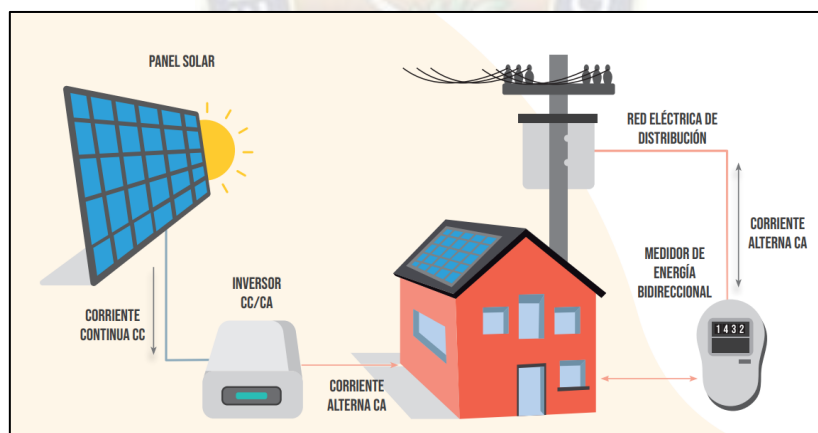
- Tomar los datos relativos de la eficiencia energética durante un tiempo remoto, de acuerdo a los días de radiación solar.
- Los paneles solares serán conectados de manera que se pueda obtener la mayor eficiencia del sistema, ya sea en periodos cortos o largos, hasta la máxima eficiencia posible.
- El ambiente de prueba de los paneles solares debe estar en una zona plenamente con el mayor acceso a la radiación solar, generalmente se recomienda en los más alto del edificio.

- Se debe prever a que banco de pruebas se deje en un ambiente libre de fluctuaciones magnéticas, ya que pueden perjudicar de manera sustancial su funcionamiento.
- Las interpretaciones de los resultados deben estar de acuerdo a los parámetros que requiere lograr.

### 3.4 Análisis Energético

En los paneles solares existen dos análisis que se emplean de acuerdo a la conexión de instalación realizada, ya se a la red principal que permite suministrar energía eléctrica y aislada que es de uso a zonas alejadas que no puede contar con una red eléctrica cercana.

Fig 18. Instalación convencional de un panel solar



Fuente: Generación Distribuida con Sistemas Solares fotovoltaicos Conectados a la red eléctrica, (Energias, 2021)

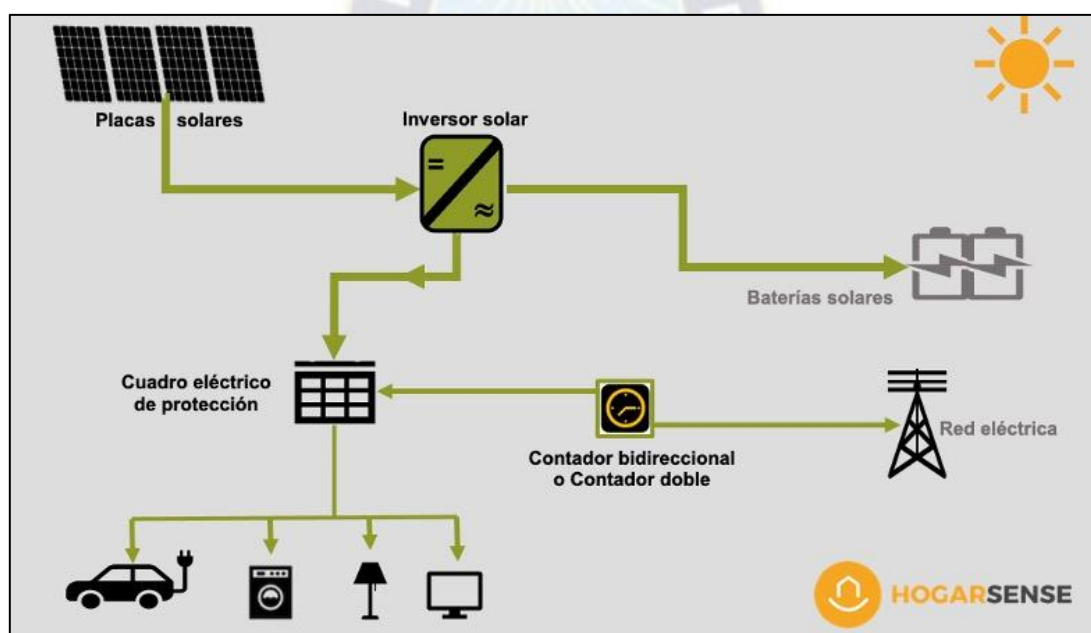
Se hace un diagnóstico inicial del lugar de instalación de los paneles solares, la inclinación respecto a la fuente de radiación del sol, que consecuentemente se verifica los módulos fotovoltaicos que llega a un regulador de carga, que se

almacena en una batería y finalmente al inversor solar que en este caso será de 12 voltios DC a 220/240 voltios AC, amortiguando el consumo eléctrico.

### 3.4.1 Instalación fotovoltaica conectada a la red

Las placas solares están conectadas a elementos o componentes básicos directamente a inversores, elementos de maniobra, protección, y en este caso el contador bidireccional para el suministro a la red eléctrica, mostrado en la siguiente figura.

Fig 19. Instalación fotovoltaica conectada a la red



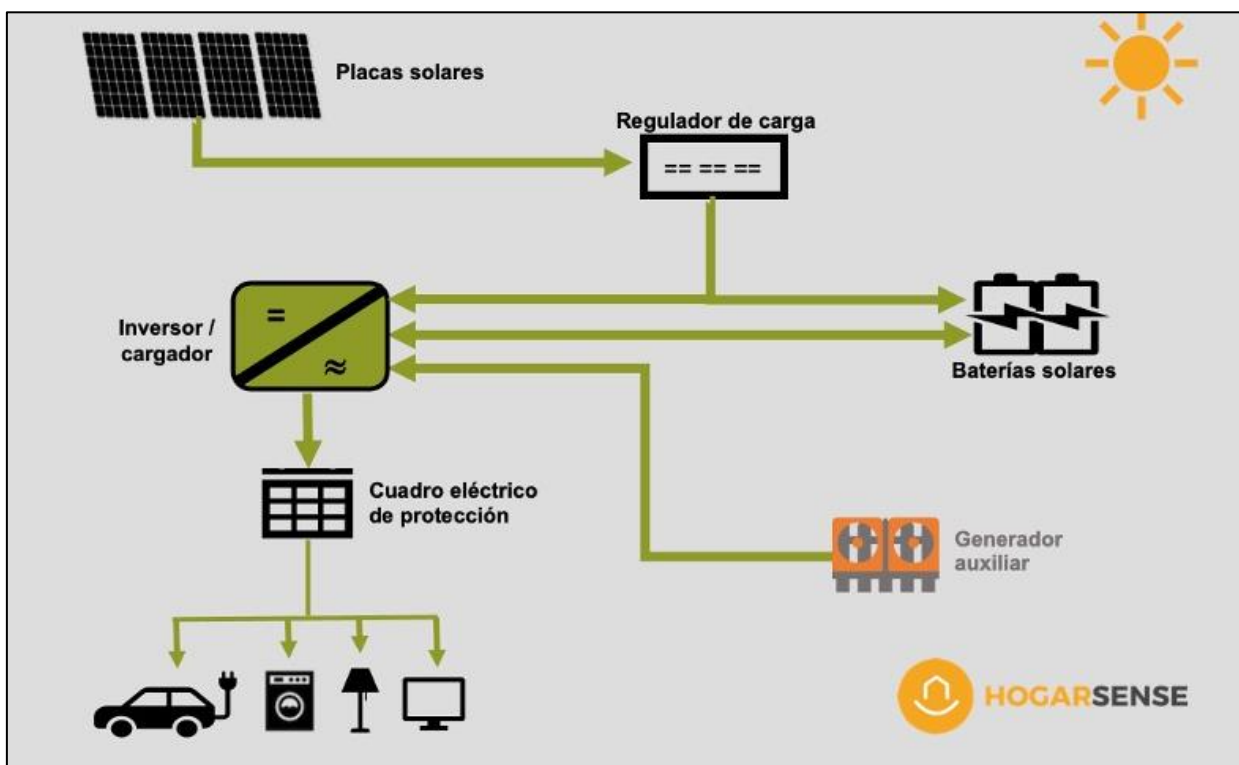
Fuente: Hogarsense Instalaciones Fotorvoltaicas. (Hogarsense, 2023)

### 3.4.2 Instalación fotovoltaica aislada

En esta adaptación las placas solares o tendrán conexión externa, es decir, será autónomo y generar la energía eléctrica requerida para el consumo de la vivienda y/o industria, dependiendo de la cantidad de placas solares, también se debe tener en cuenta la capacidad de las baterías solares que se deben sobredimensionar para garantizar dicho suministro establecido, en algunos

casos se emplea un generador eléctrico en base a combustibles de petróleo, para evitar deficiencia energética.

Fig 20. Instalación fotovoltaica aislada



Fuente: Hogarsense Instalaciones Fotovoltaicas. (Hogarsense, 2023)

### 3.4.3 Energía eléctrica media de producción de los paneles fotovoltaicos

Tanto en la instalación fotovoltaica a la red como la aislada tenemos datos dependiendo de la ubicación de dicha instalación, mostrando así la generación de energía eléctrica en la siguiente tabla

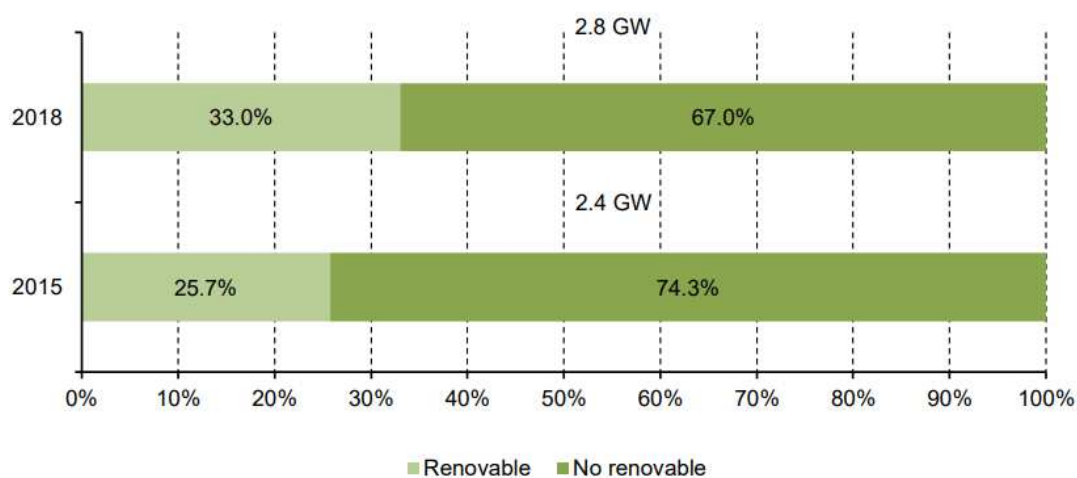


Tabla 9. Potencia de Instalación Solar FV

Nº	Superficie Útil [m <sup>2</sup> ]	Cubierta Plana [kW]	Cubierta Inclinada [kW]
1	100,00	5,00	10,00
2	200,00	10,00	20,00
3	400,00	20,00	40,00
4	600,00	30,00	60,00
5	800,00	40,00	80,00
6	1000,00	50,00	100,00
7	1200,00	60,00	
8	1400,00	70,00	
9	1600,00	80,00	
10	1800,00	90,00	
11	2000,00	100,00	

Fuente: Base de datos. (CEPAL, 2022)

Fig 21. Capacidad instalada en Bolivia en 2015 y 2018



Fuente: Base de datos. (CEPAL, 2022)

Tabla 10. Tipo de paneles solares y potencia

FABRICANTE	MODELO	EFICIENCIA DE PANEL [%]	POTENCIA DEL PANEL [w]
SunPower	SPR-X22-370 (Ahora SunPower Maxeon 3)	22,60	400,00
SunPower	SPR-X22-360 (Ahora MAX3-390)	22.,10	390,00
FuturaSun	FU425M Zebra Pro	21,60	425,00
Meyer Burger	Meyer Burger Glass 385	21,50	385,00
Meyer Burger	Meyer Burger Black 395	21,50	395,00
Futura	FU360M Zebra	21,28	350,00
SunPower	MAX3-370	20,90	370,00
LG Neon R	LG360Q1C-A5	20,80	360,00
LG	LG355Q1C-A5	20,60	355,00
AUO	SunForte PM096B00	20,60	335,00
SunPower	MAX2-360	20,40	360,00
AUO	SunForte PM096B00	20,30	330,00
SunPower	MAX3-350	19,80	327,00
SHARP	NQ-R256A	19,80	256,00
Panasonic	VBHN330SJ53	19,70	330,00
Panasonic	VBHN325SJ53	19,40	325,00
SunPower	SPR-P19-400	19,40	400,00

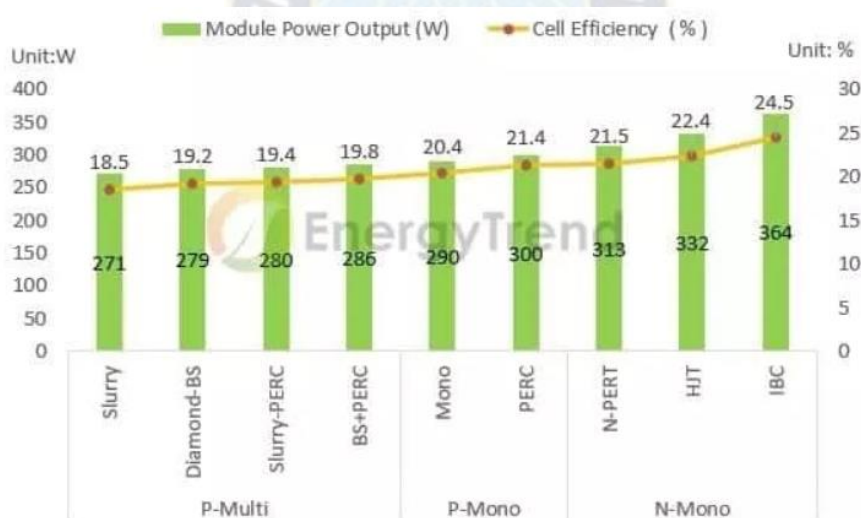
Fuente: Base de datos. (CEPAL, 2022).

La generación de potencia eléctrica de los diferentes paneles solares teóricamente podría solucionar la de manda energética nación en Bolivia,

pero es necesario conocer cuanta energía es realmente generada por los paneles solares instalados en cualquier punto de nuestro país, de este modo se crea una necesidad de saber si realmente el funcionamiento del sistema fotovoltaico funciona con los criterios establecidos.

El banco fotovoltaico tiene la capacidad de cubrir los aspectos técnicos en cuanto definir si realmente en los periodos de tiempo donde la irradiación solar está en su punto máximo, contribuye el máximo potencial de energía eléctrica.

Fig 22. Eficiencia de células solares y potencias según la tecnología utilizada



Fuente: Base de datos. (CEPAL, 2022).

### 3.5 Diseño y Especificación de Elementos

#### 3.5.1 Diseño del banco fotovoltaico

En el sistema de paneles solares se prevé usar un conjunto de accesorios y materiales eléctricos para su implementación:

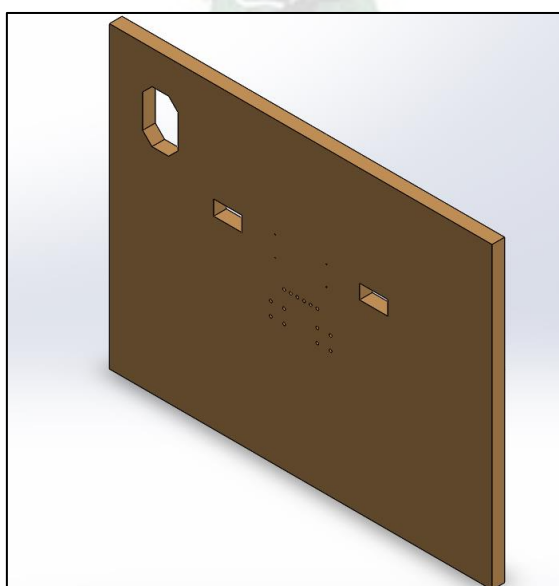
Tabla 11. Elementos de instalación del Banco de Pruebas

Elementos de instalación del Banco de pruebas		
1	2 paneles solares	120 [W]
2	Regulador de carga	12[V] y 30 [A]
3	2 baterías de gel	12[V] y 26 [A/h]
4	Inversor	1000 [W], entrada 12 [V] – salida 220/240±5 [V]
5	PLC logo	S7 200
6	Breaker	40 [W]
7	Foco	40 [W]
8	Medidores de corriente y voltaje	Multímetro y otros

Fuente: Elaboración propia

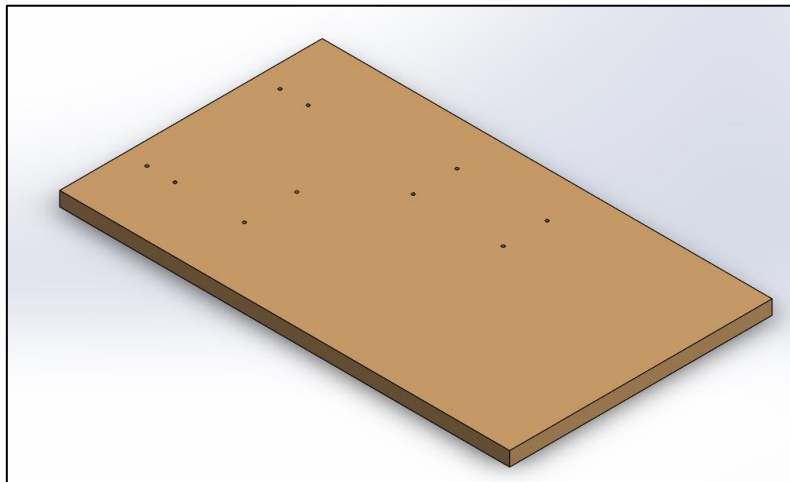
El diseño se realizará de acuerdo a la base donde se conformarán los distintos equipos y accesorios para el banco fotovoltaico como ser:

Fig 23. Tablero frontal



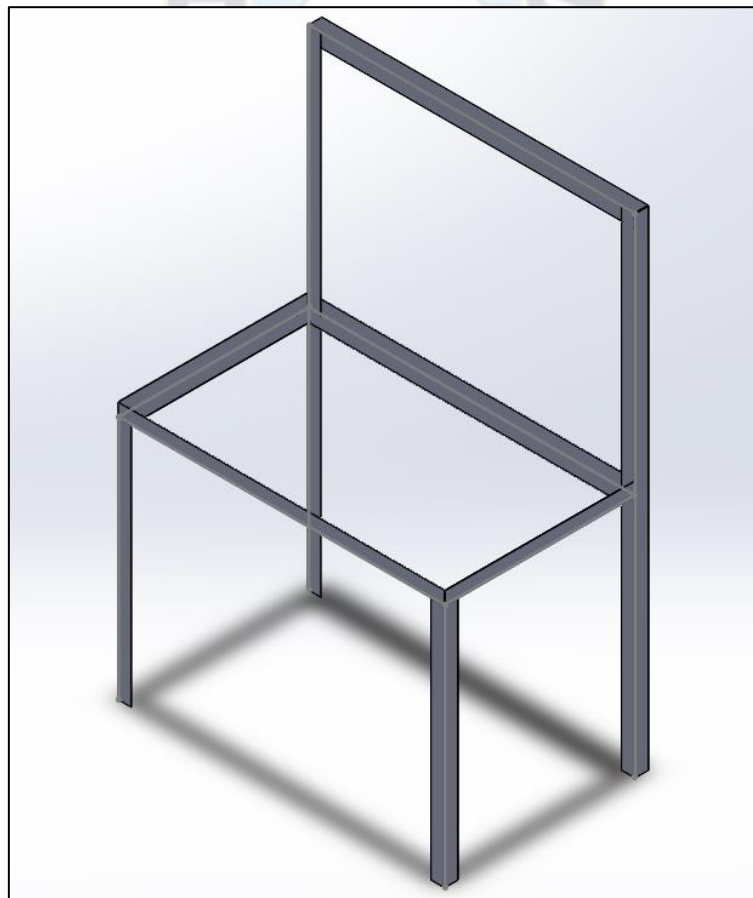
Fuente: Elaboración propia

Fig 24. Tablero de trabajo



Fuente: Elaboración propia

Fig 25. Estructura interna del banco fotovoltaico

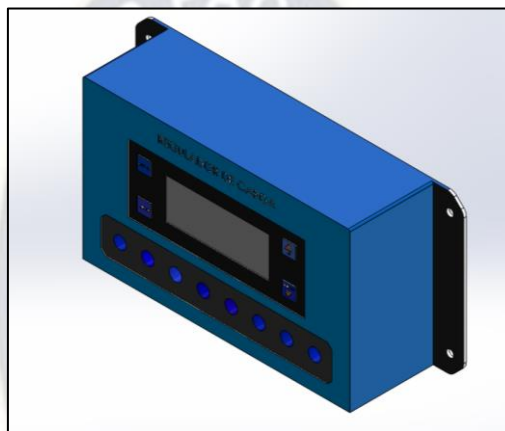


Fuente: Elaboración propia

Después del diseño de las piezas de anclaje es necesario establecer la capacidad y ampliación de otras herramientas donde se analizara las variables de tensión, corriente y potencia.

Un regulador de carga, su función de la carga y descarga eficiente de la batería de instalación

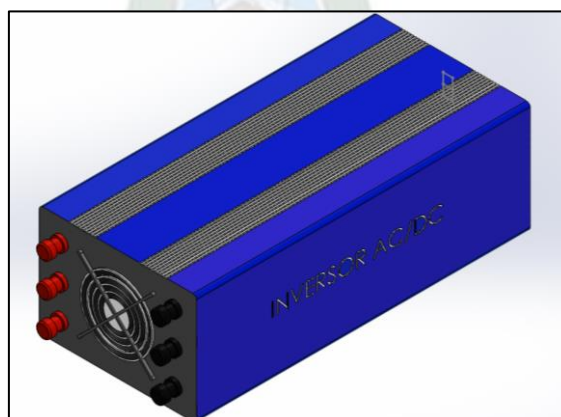
Fig 26. Regulador de carga



Fuente: Elaboración propia

Inversor, dispositivo que cambia y transforma de corriente continua DC a corriente alterna AC.

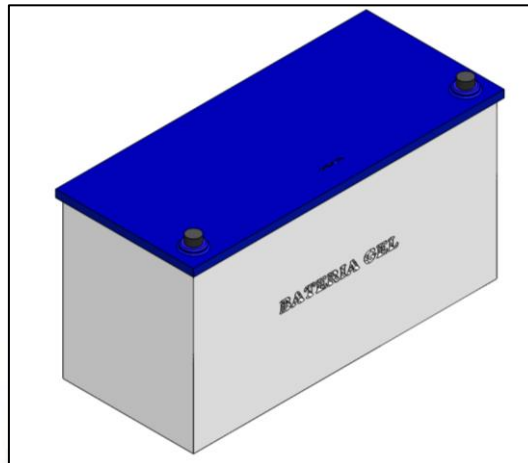
Fig 27. Inversor de voltaje AC/DC (12/220)



Fuente: Elaboración propia

Baterías de gel, ideales para el suministro y almacenamiento de energía eléctrica de baja potencia

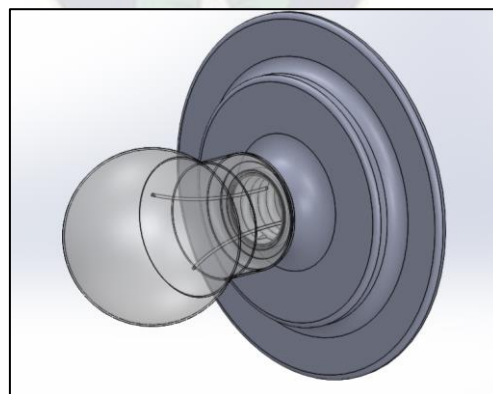
Fig 28. Batería Gel



Fuente: Elaboración propia

2 focos de 40 W con sus respectivos portalámparas, identificación de Potencia obtenida por el panel solar.

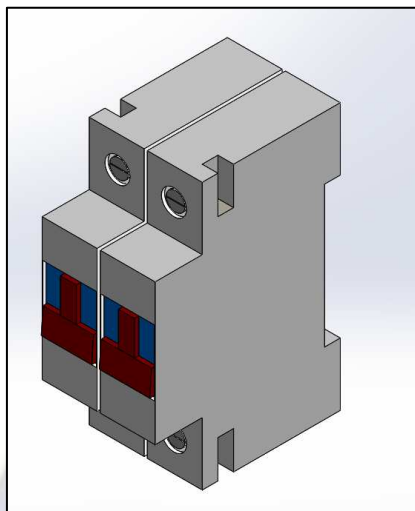
Fig 29. Focos de 40 vatios



Fuente: Elaboración propia

Breaker eléctrico bipolar para evitar daños a los circuitos internos de los aparatos.

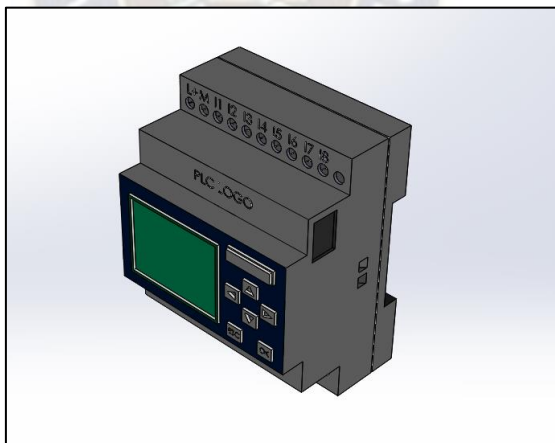
Fig 30. Breaker de 40 [A]



Fuente: Elaboración propia

Un microcontrolador en este caso como ser PLC, para la administración de datos tanto de voltaje como de corriente.

Fig 31. PLC logo

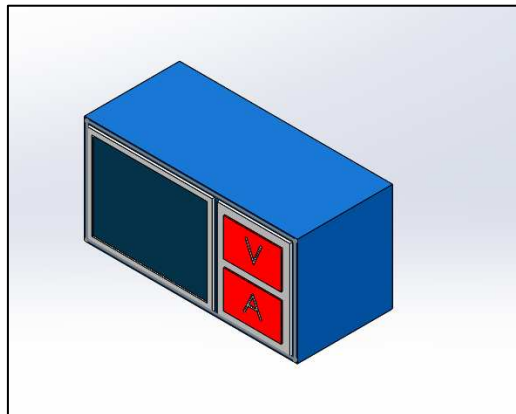


Fuente: Elaboración propia

Dos medidores de DC y AC., así observado los datos tanto en voltaje como de corriente.



Fig 32. Medidores de corriente y voltaje



Fuente: Elaboración propia

Fig 33. Multímetros de DC y AC

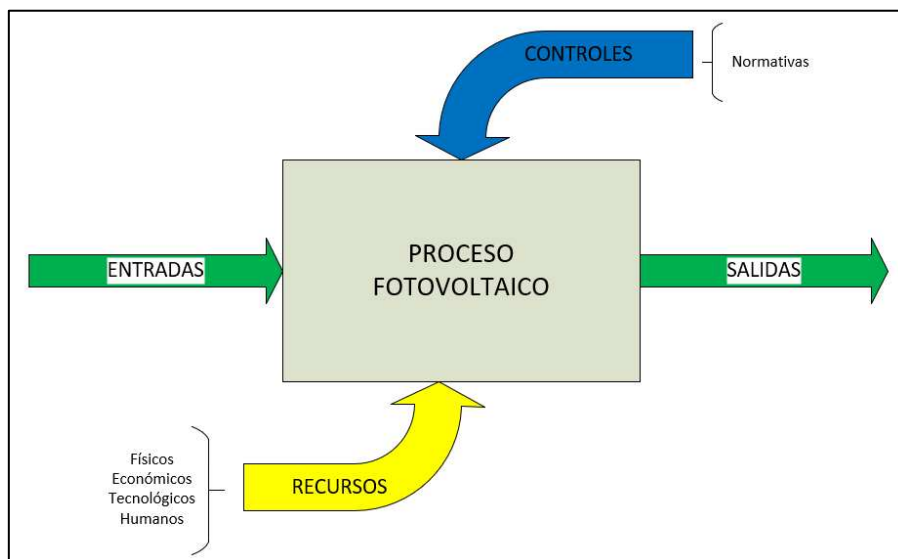


Fuente: Electrónica de Precisión. (EDEP, 2023).

### 3.6 Balance de Materiales

La información de los materiales que se va a usar en este sistema fotovoltaico se puede definir de la siguiente manera:

Fig 34. Balance del proceso fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia

### 3.6.1 Entradas

Serán el suministro de energía fotovoltaica a través de los paneles solares, en este caso de 120 w, que según sus características presente será de 90 vatios pico con una ganancia de voltaje

Fig 35. Partes del panel Fotovoltaico



Fuente: Revista Fotovoltaica. (CCEEA, 2022)

### 3.6.2 Controles

Serán las normativas ligadas a la producción de energía eléctrica como ser:

*”La ley de electricidad Boliviana (Ley N° 1604), fue emitida el 21 de diciembre de 1994, y la misma norma las actividades de la Industria Eléctrica y establece los principios para la fijación de precios y tarifas de electricidad en todo el territorio nacional.” (ELFEC, 1994) .<sup>4</sup>*

También el decreto supremo en el cual se inició este proyecto para su posterior regulación.

### 3.6.3 Recursos

Físico, establecer a partir de parámetros eléctricos, el proceso, adquisición y contribución eléctrica eficaz y controlada a la red principal y aislada, como ser circuitos, controladores, dispositivos, etc.

Económico, la contribución que se obtendrá a partir de un control adecuado del suministro de energía eléctrica a partir de la energía fotovoltaica.

Tecnológico, mejorar la adquisición de datos, también mejorar la eficiencia de recolección de irradiación solar, en periodos de tiempo óptimos en el año.

Humano, la observación y entendimiento de las características de los paneles solares, para su uso correcto en las distintas maniobras y cálculos de los mismos, ya que también es un objeto de estudio las energías alternativas.

---

<sup>4</sup> (ELFEC, 1994)

### **3.6.4 Salidas**

Será la energía generada para el suministro de energía a la red o aislada, sustentar la capacidad que tiene el banco fotovoltaico para regular y establecer cuanto es realmente la energía que se suministra a la red principal.

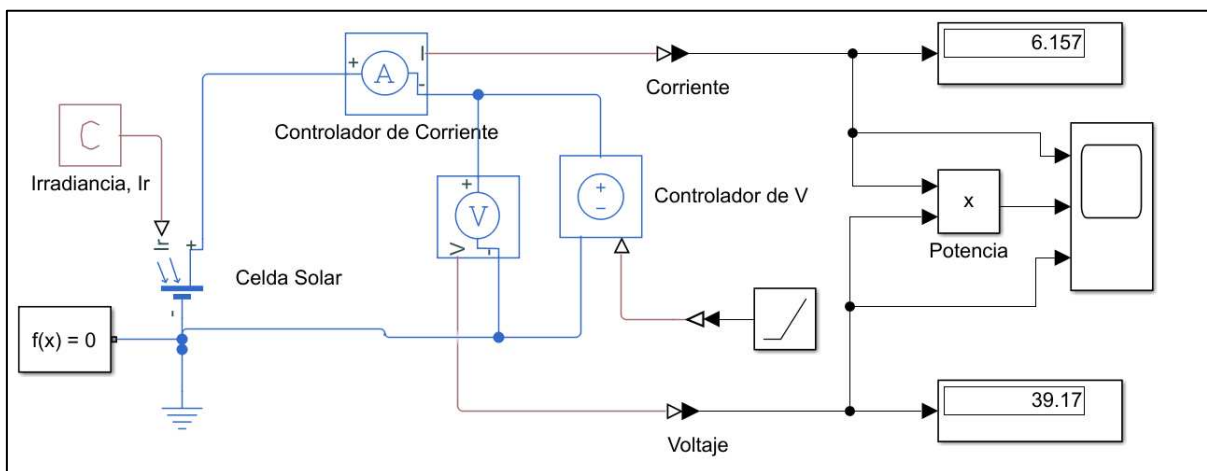
### **3.7 Planos de Circuitos**

El programa diseñado para poder realizar el estudio de los paneles solares a partir de la irradiación solar, establecido con los parámetros del panel fotovoltaico del instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas (IIME), realizado mediante los siguientes programas:

#### **3.7.1 Simulación por Simulink y Simscape de MatLab**

Por medio del programa de Simulink y Simscape de MatLab se realizó, el circuito característico de la conformación de un panel solar con las características establecidas anteriormente, con la finalidad de lograr obtener la potencia al cual genera el panel solar en condiciones estándar del medio en el instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas (IIME).

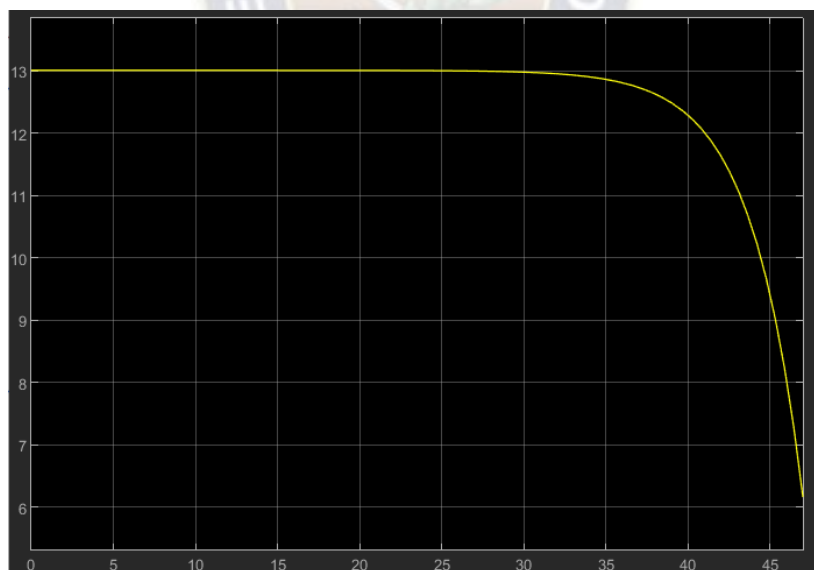
Fig 36. Programa de circuito de panel solar



Fuente: Elaboración propia

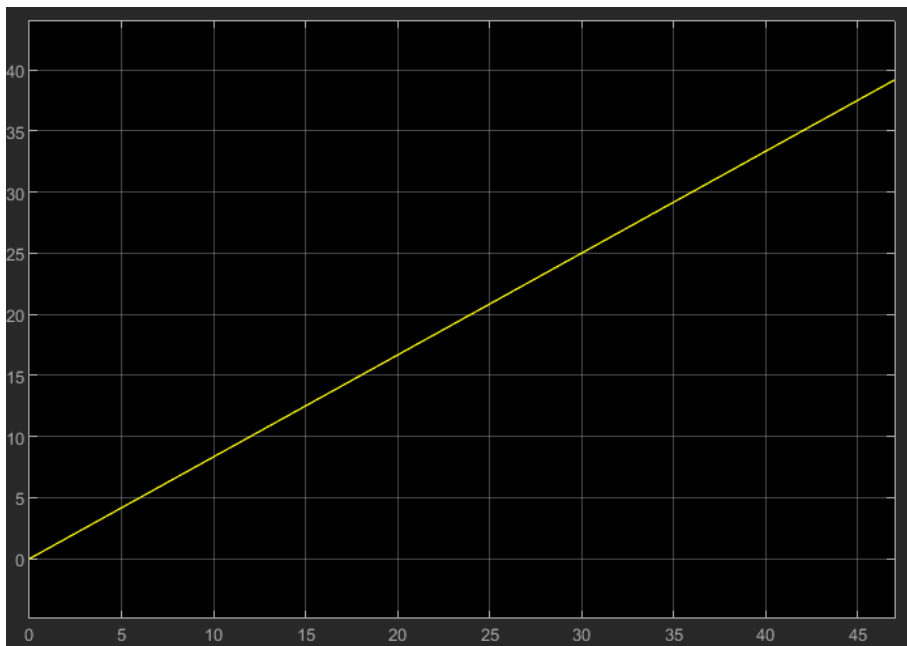
El programa también nos mostrara las curvas características tanto de voltaje, corriente y potencia, para así tomar la referencia para su posterior comparación.

Fig 37. Curva Característica Corriente de un Panel Solar



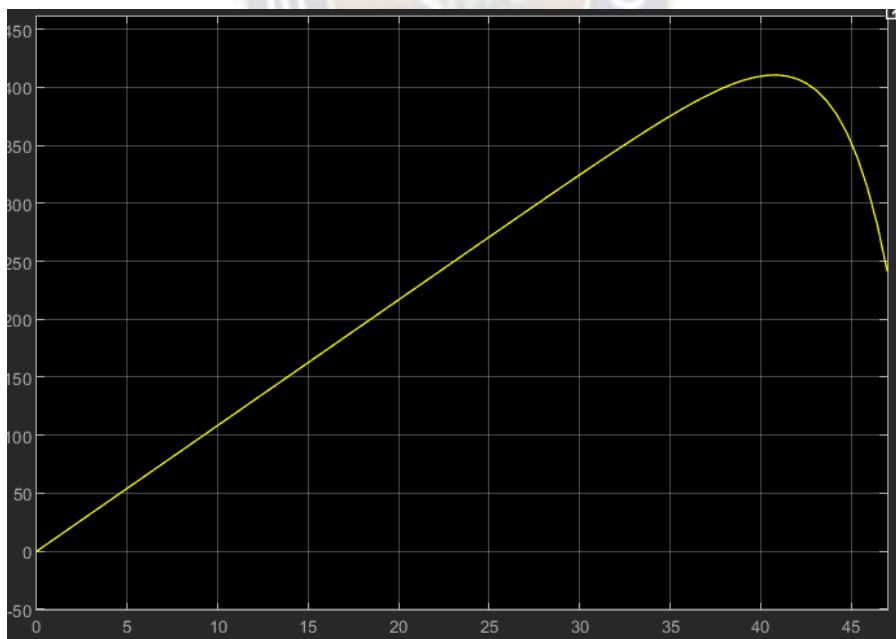
Fuente: Elaboración propia

Fig 38. Curva Característica Voltaje de un Panel Solar



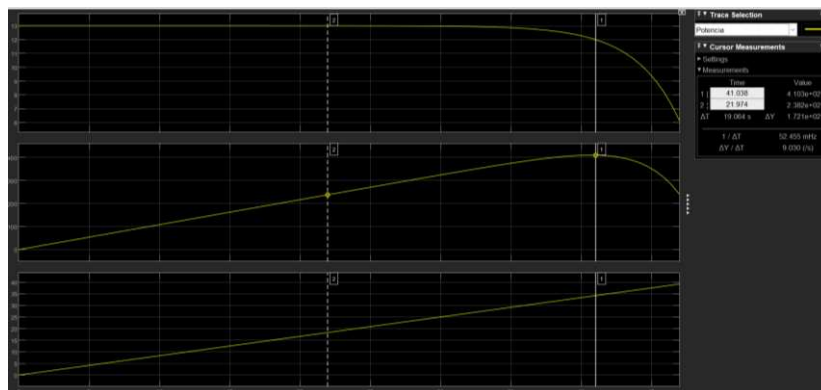
Fuente: Elaboración propia

Fig 39. Curva Característica Potencia de un Panel Solar



Fuente: Elaboración propia

Fig 40. Comparación de Curvas Características

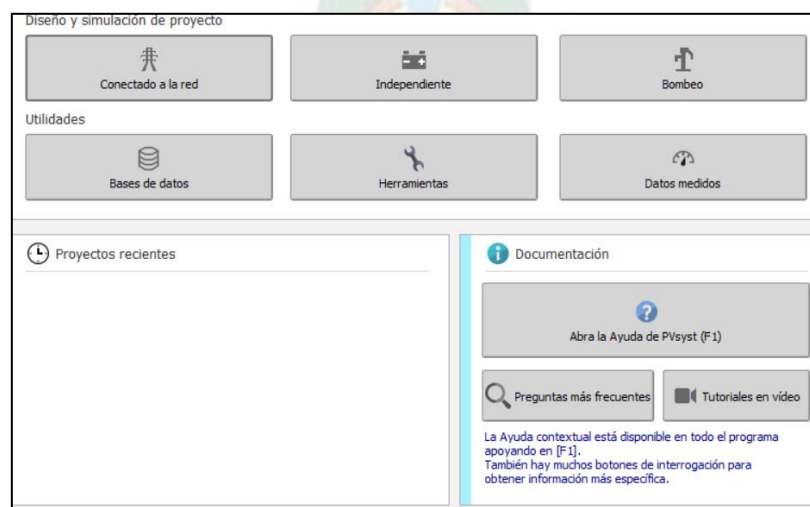


Fuente: Elaboración propia

### 3.7.2 Simulación por PVSyst

En este programa sofisticado dedicado al cálculo minucioso de la instalación de paneles solares con sus accesorios correspondientes, se obtuvo los kWh producidos en un año, completando así las características necesarias que se obtiene del estudio de los paneles solares, para lo cual el programa nos detalla la opción de simular si la conexión será aislada o conectada a la red. Como se muestra en la figura 32.

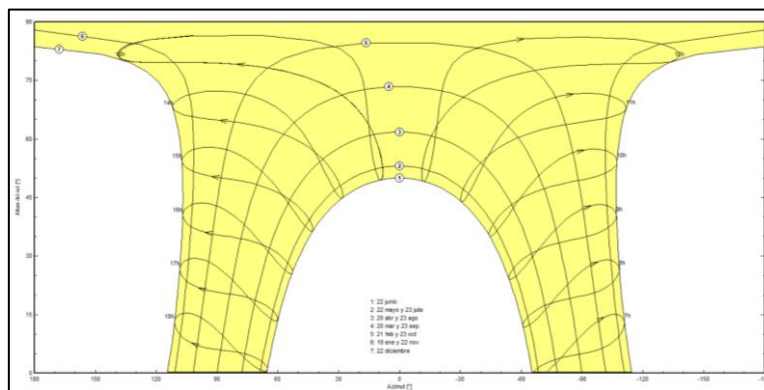
Fig 41. Programa PVSyst



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se obtuvo los las siguientes características tanto de la instalación de los paneles solares en el instituto, ya sean estas de trayectorias solares, como referencia de observación para los mayores picos de irradiación solar, como la producción de energía eléctrica del mismo durante los meses del año.

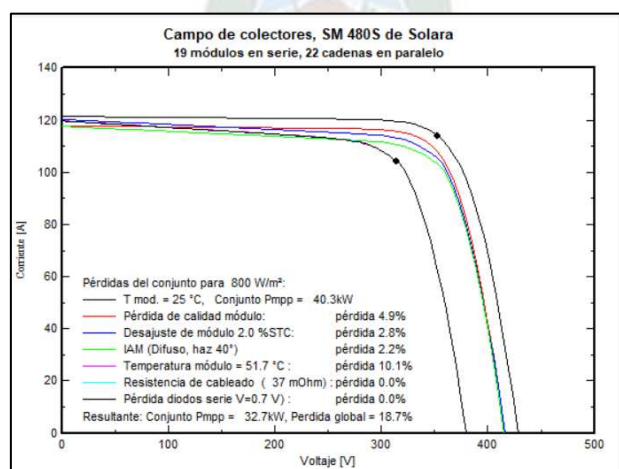
Fig 42. Trayectorias Solares



Fuente: Elaboración propia.

Las pérdidas o caídas de los módulos por la irradiación solar se establecieron ya que existe la posibilidad del cambio de clima o alteración a la instalación siendo un mínimo de 5% a causa del deterioro, mantenimiento nulo, acumulación de polvo, etc.

Fig 43. Pérdidas de potencial a causa de factores externos



Fuente: Elaboración propia.



### 3.8 Fabricación

La fabricación de algunos de los componentes es necesariamente realizada en el instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas, ya que son piezas de acoplamiento de los distintos dispositivos en el diseño del banco de pruebas.

La pieza frontal y la mesa de trabajo serán hechas por madera reciclada con perforaciones adecuadas a los distintos dispositivos del banco de pruebas.

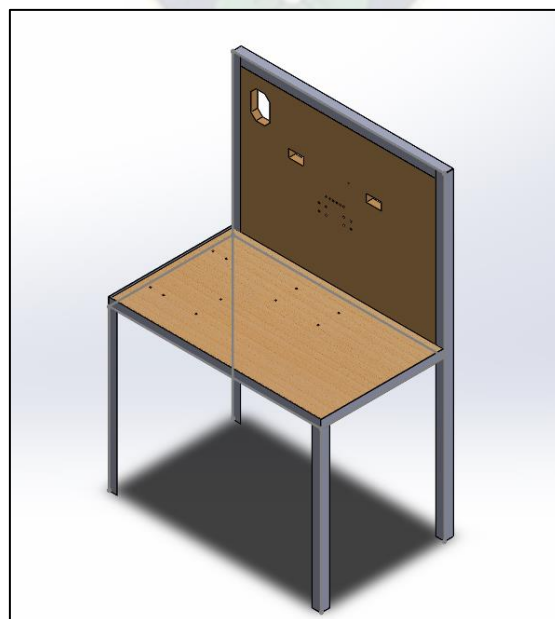
Por otro lado, la estructura que sostendrá las piezas será de acero de L25x25 mm, soldadas para su posterior implementación.

Así como las piezas, como ser tornillos de sujeción de  $\frac{3}{4}$  de pulgadas

### 3.9 Montaje

El montaje de la estructura se realizará de acuerdo al espacio necesario y la capacidad de trasladar de un punto a otro siendo de la siguiente manera:

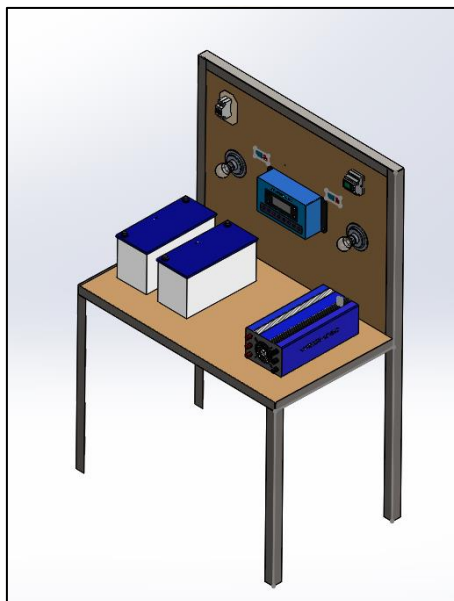
Fig 44. Prototipo de estructura del panel de pruebas



Fuente: Elaboración propia

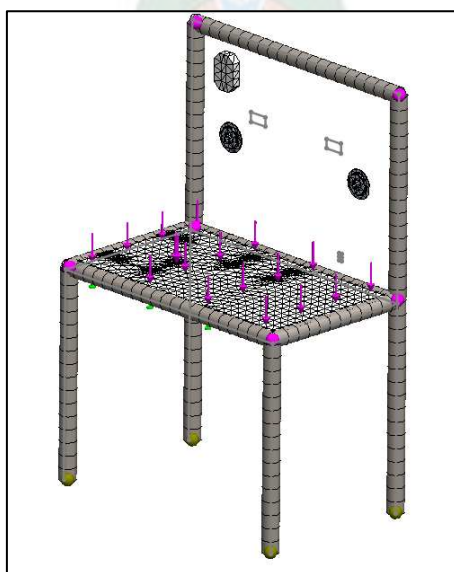
Ensamblado todos los componentes para la realizaci3n del banco de pruebas, tomando los esfuerzos, con la suma de todas las piezas que dan lugar a 4760[N].

Fig 45. Diseo de Banco de pruebas



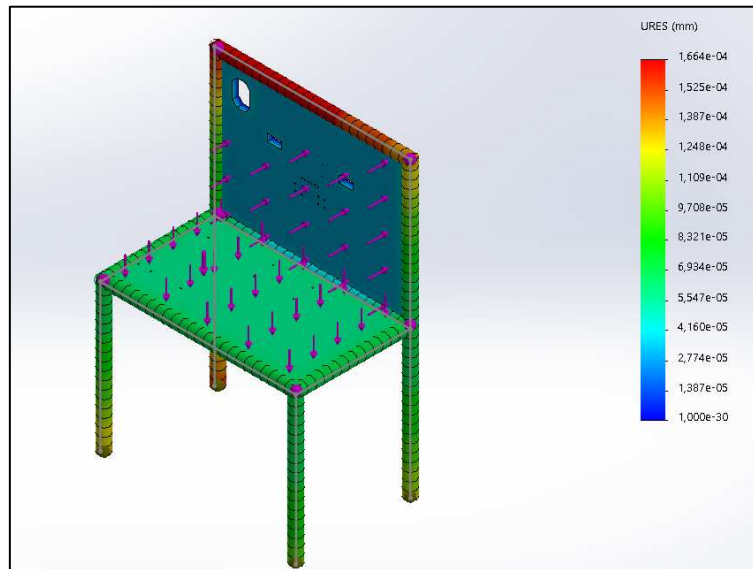
Fuente: Elaboraci3n propia

Fig 46. Enmallado del banco de pruebas



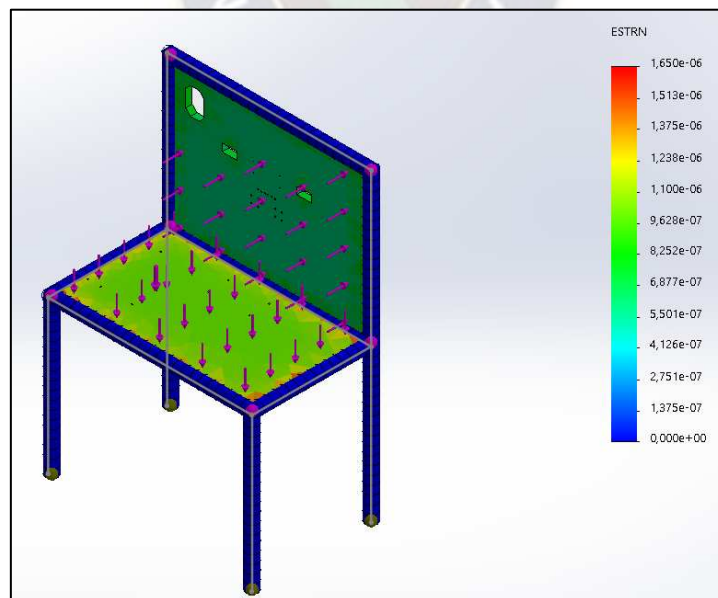
Fuente: Elaboraci3n propia

Fig 47. Desplazamiento del Banco de Pruebas



Fuente: Elaboración propia

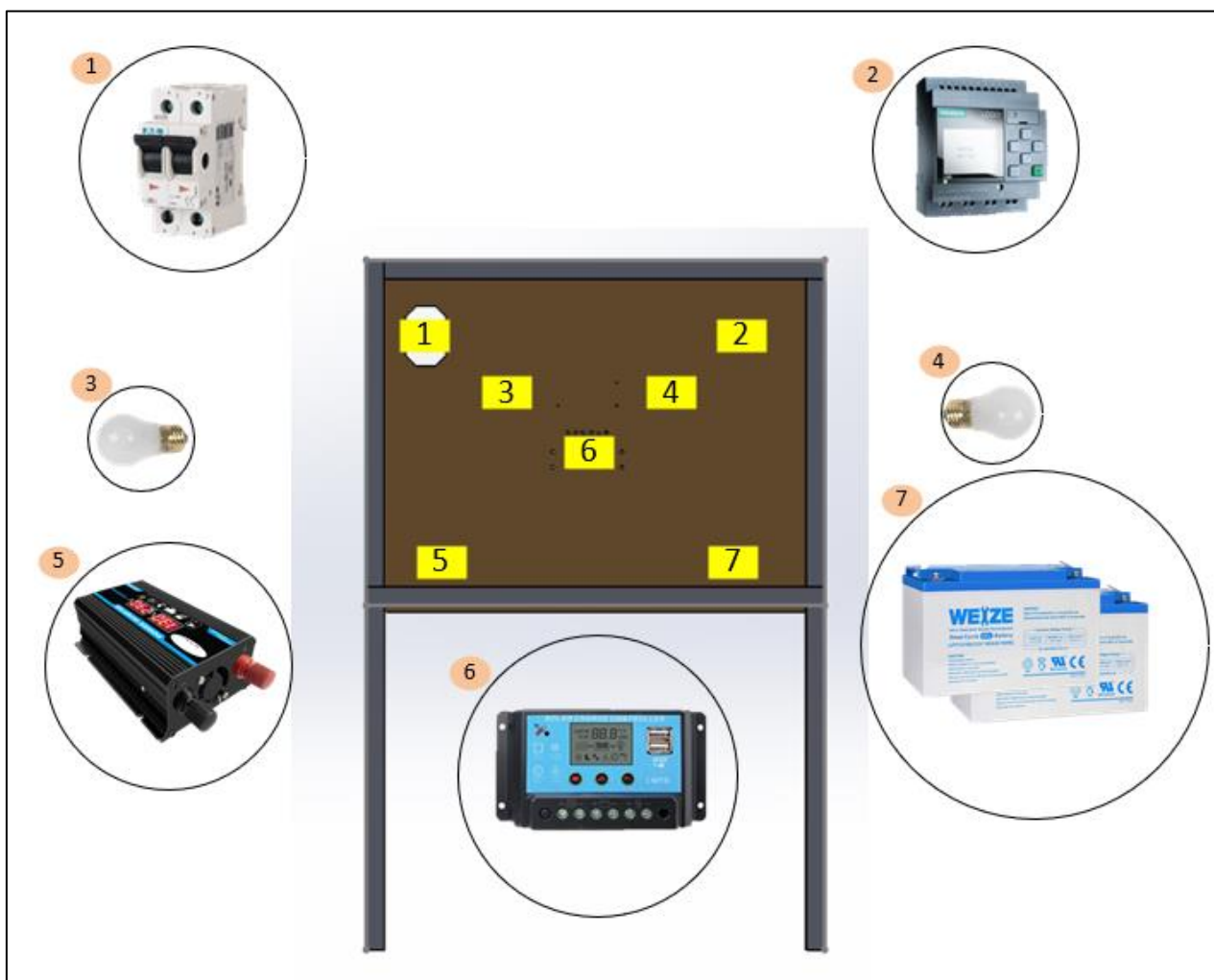
Fig 48. Deformaciones Unitarias del Banco de Pruebas



Fuente: Elaboración propia

Ahora los dispositivos que se montaran en la anterior estructura, lo cual resultara:

Fig 49. Ensamblaje del banco de pruebas

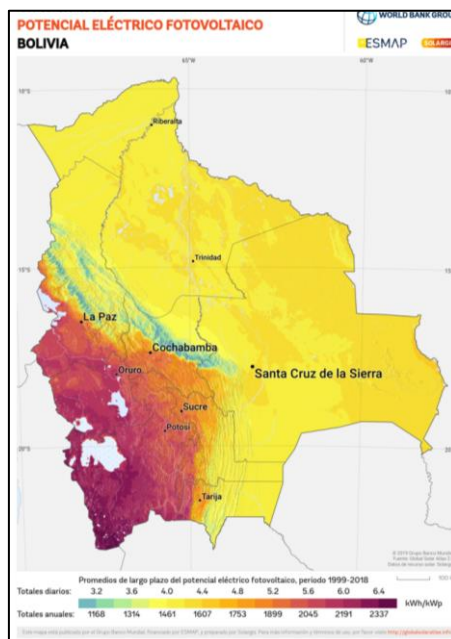


Fuente: Elaboracion propia

### 3.10 Análisis de Datos

La insolación solar fue adquirida a partir de la ubicación que en este caso será el instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas con los rangos establecidos tomando como referencia el programa SOLARGIS, y así en el simulador obtener los datos correspondiente a la potencia emitida por los paneles solares.

Fig 50. Potencial Fotovoltaico Bolivia



Fuente: Mapa de Recursos Solares. (SOLARGIS, 2023)

Los datos que se analizarán tienen como referencia la irradiación solar producida en diferentes regiones de Bolivia como se muestra en la figura 34, donde se observan los valores aproximados que deben tener los datos logrados por los diferentes programas.

Los datos obtenidos mediante la simulación del banco de pruebas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12. Irradiación Solar 2021

Nº	Años	Irradiación [kW/m <sup>2</sup> ]
1	Enero	162,20
2	Febrero	157,50
3	Marzo	153,50
4	Abril	150,90
5	Mayo	141,40
6	Junio	133,80
7	Julio	138,50
8	Agosto	154,10
9	Septiembre	156,20
10	Octubre	181,20
11	Noviembre	182,30
12	Diciembre	165,20
	Promedio año	156,40

Fuente: Elaboración Propia

Mediante el programa realizado en Simulink con Simscape podemos obtener de kW/m<sup>2</sup>/día a W/m<sup>2</sup> y en consecuencia vatios, que genera los paneles solares.

Tabla 13. Potencia anual 2021

Nº	Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia [W]
1	34,42	12,04	414,41
2	34,41	11,66	401,22
3	34,19	11,42	390,44
4	34,20	11,21	383,38
5	34,19	10,44	356,94
6	34,20	9,83	336,18
7	34,18	10,21	348,97
8	34,20	11,47	392,27
9	34,19	11,64	397,97
10	34,20	13,67	467,51
11	34,19	13,75	470,11
12	34,20	12,37	423,05
	Promedio año		4782,50

Fuente: Elaboración Propia

Se establece por lo tanto a cada año el promedio de potencia que genera un panel solar.

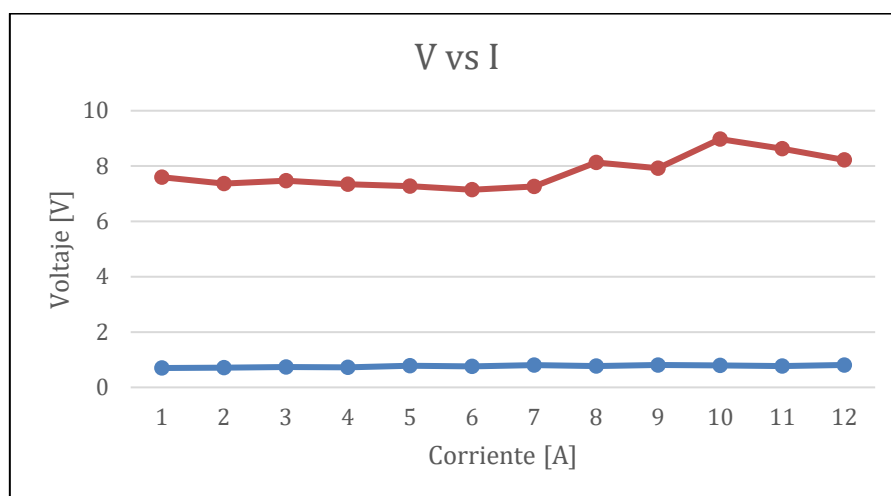
Tabla 14. Potencia por año en [W]

Nº	Año	Potencia [W]
1	2019	4782,50
2	2020	4781,85
3	2021	4782,11

Fuente: Elaboración Propia

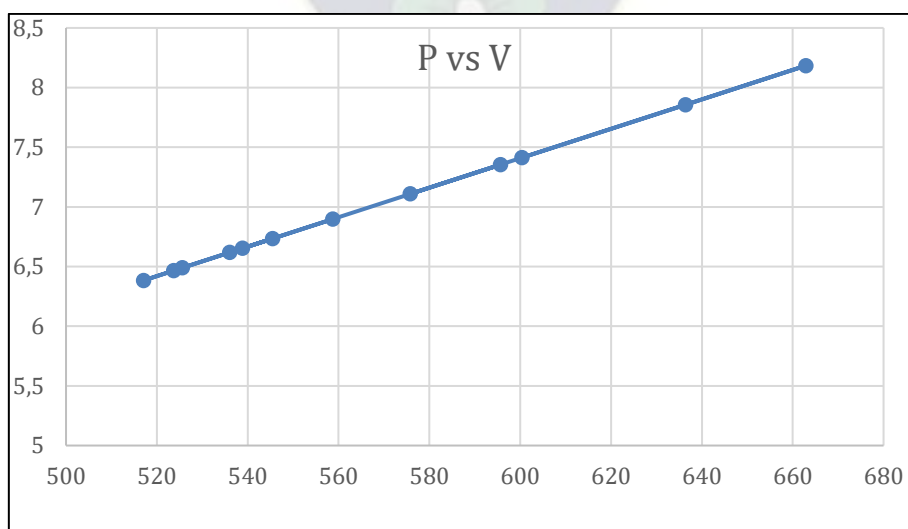
El grafico muestra la producción de potencial eléctrico pico durante el año, cálculo realizado a partir del programa de Nasa (Power Data Access Viewer), y posteriormente Simulink, de cual también se identifica cuanta corriente eléctrica y voltaje produce, verificando así los gráficos necesarios para su estudio.

Fig 51. V vs I



Fuente: Elaboración propia

Fig 52. P vs V



Fuente: Elaboración propia

Adecuado así una ficha técnica donde se pone los datos necesarios para observar si el panel solar contribuye a lo que se busca en su uso.



Fig 53. Ficha Técnica

FICHA TÉCNICA PANEL SOLAR	
Potencia Máxima	[W]
Tensión Máxima	[v]
Corriente Máxima	[A]
Irradiancia Solar	[kWh/m <sup>2</sup> día]
Energía Producida Óptima	[kW/h]
Tipo de Panel Solar	

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la energía que se obtuvo a partir de la simulación con el programa PVSyst, contiene datos ideales que debe ser comparado con el banco de pruebas, para un criterio óptimo del estudio del panel solar.

Fig 54. Resultados Energéticos

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	193.4	159.7	6564	0.612	1666	6689	8356	0.801
February	175.0	153.3	6271	0.596	1859	5406	7266	0.744
March	185.7	177.7	7225	1.019	1493	6499	7992	0.813
April	172.8	181.5	7468	0.336	1000	6629	7629	0.869
May	171.7	198.5	8180	0.000	910	7446	8356	0.891
June	156.0	186.8	7707	0.000	916	6713	7629	0.880
July	163.4	192.0	7932	0.000	816	7176	7992	0.898
August	176.4	191.6	7803	0.000	2011	6344	8356	0.759
September	194.4	192.3	7830	1.276	368	6898	7266	0.949
October	210.8	191.9	7795	0.198	528	7828	8356	0.937
November	213.0	178.2	7249	0.819	1742	6251	7992	0.782
December	210.2	170.9	6972	0.761	1152	6478	7629	0.849
Year	2222.8	2174.6	88995	5.617	14462	80356	94818	0.847

Fuente: Elaboración propia.

### 3.11 Procesos de Optimización

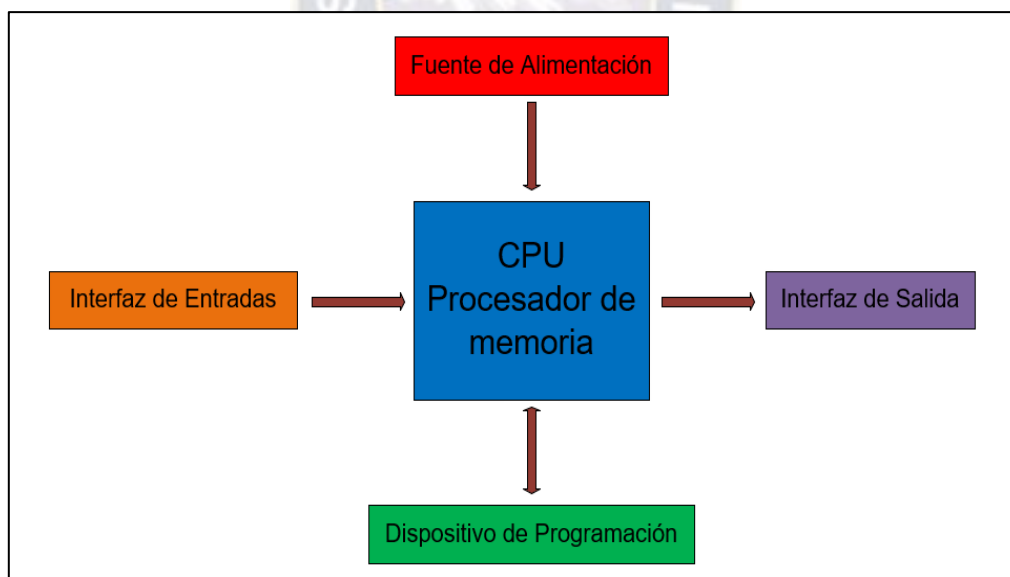
Para optimizar la recolección de energía eléctrica a partir de paneles solares, previa información de la generación de las mismas, ya que, en condiciones en el

lugar de ubicación del instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas, contaremos con un depósito de almacenamiento de datos como ser el PLC instalado en el banco fotovoltaico.

### 3.11.1 PLC

Controlador Lógico programable (PLC), dispositivo para cumplir demandas de automatización de los diferentes aparatos mecánicos en el campo de la ingeniería, para lo cual contaremos con entradas y salidas tanto analógicas como digitales, necesario para la recolección e datos del banco de pruebas fotovoltaico, mostrado en la siguiente figura:

Fig 55. Funcionamiento de PLC

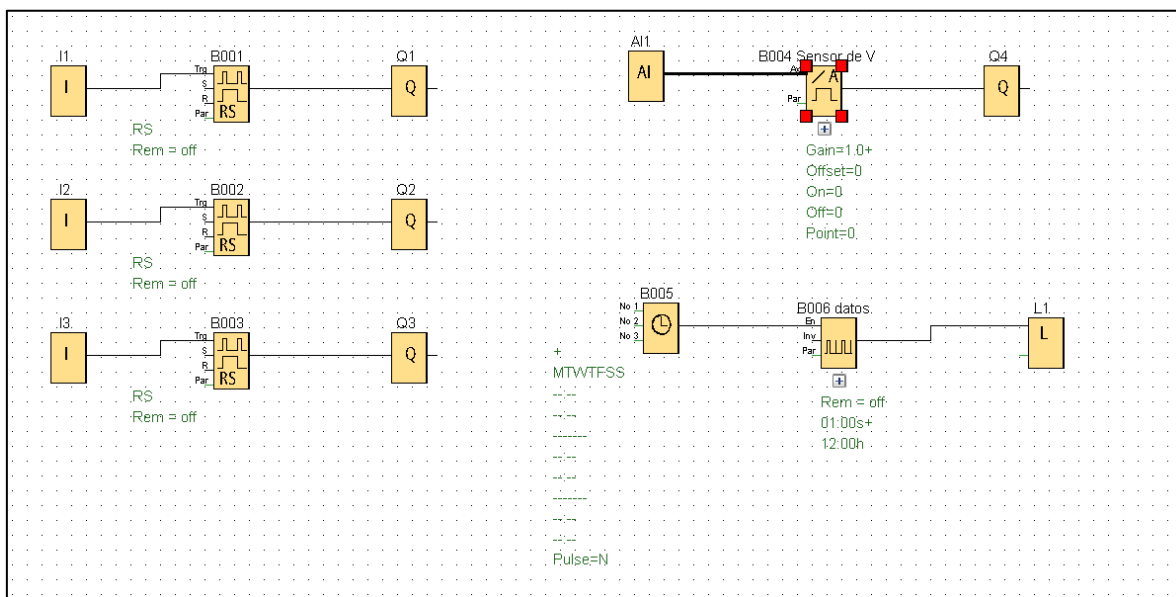


Fuente: Elaboración propia.

### Estructura de un PLC

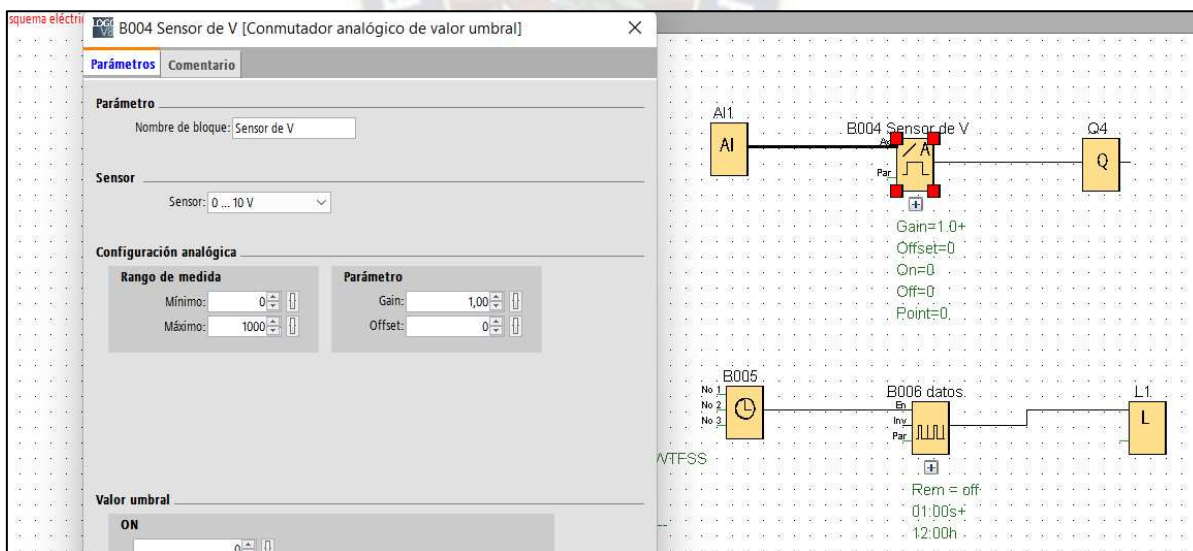
Por lo tanto, para la adquisición de datos necesitaremos se programará de la siguiente manera

Fig 56. Diagrama de Bloques



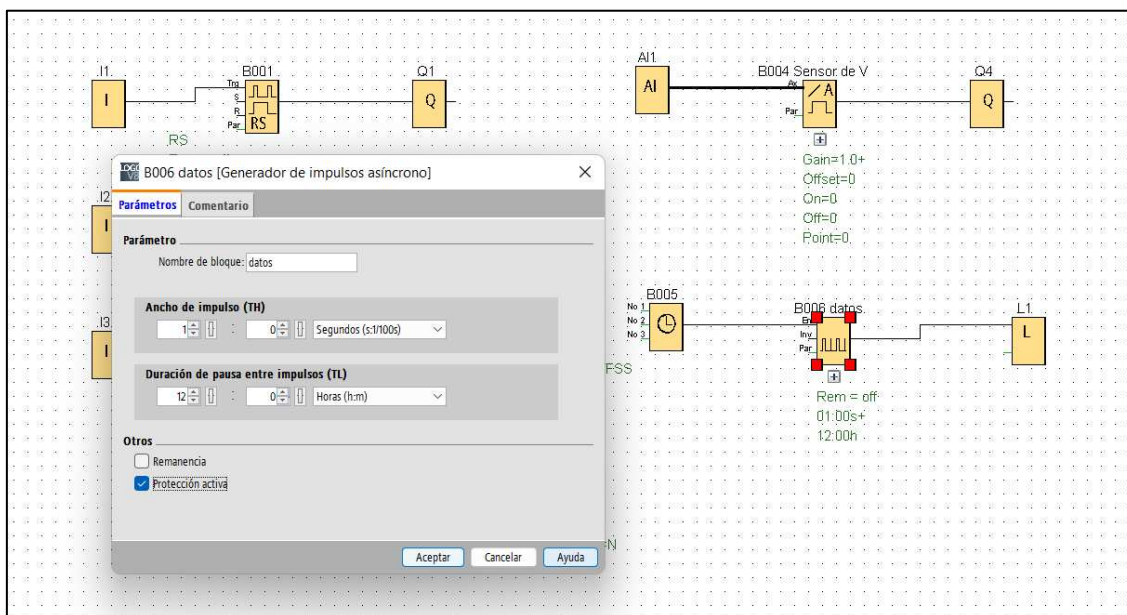
Fuente: Elaboración propia

Fig 57. Recolección de datos de voltaje, realizado de 0 a 10[V]



Fuente: Elaboración propia

Fig 58. Intervalos de tiempo de 12[hrs]



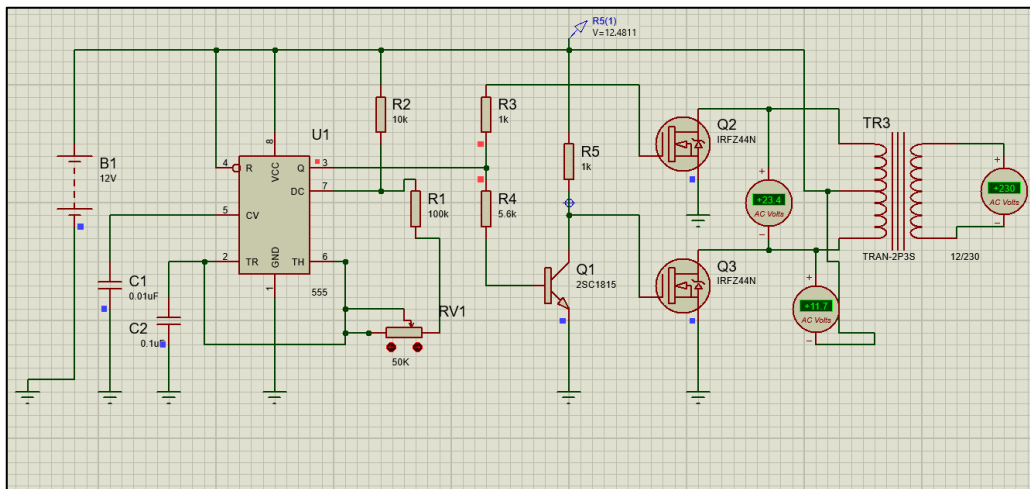
Fuente: Elaboración propia

Donde estos datos se podrán a exportar a Excel, del cual mediante un análisis tanto de voltaje como de corriente se verificará, los periodos de tiempo durante el día tienen el mejor rendimiento posible de los paneles fotovoltaicos.

### 3.11.2 Propuesta electrónica

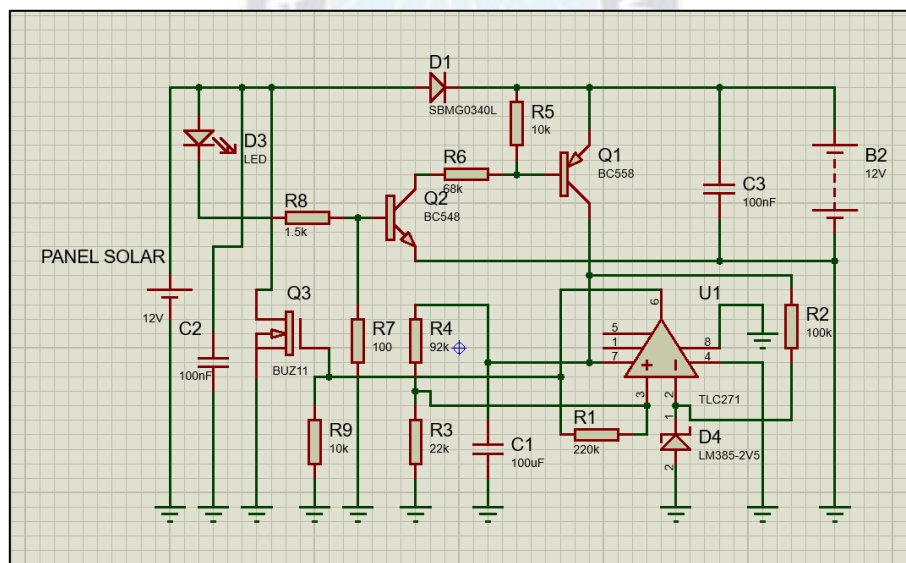
El manejo del banco de pruebas se podrá optimizar minimizando los aparatos que los conforman para lo cual, podemos realizar un posterior diseño que darían como resultado a un reducido banco de pruebas, reemplazando así con los siguientes circuitos:

Fig 59. Circuito de inversor de 12DC/220AC



Fuente: Universidad Politécnica Salesiana (Neira, 2020)

Fig 60. Circuito Regulador de Carga



Fuente: Universidad Politécnica Salesiana, (Neira, 2020)

Para la mejora de la adquisición de datos en tiempo del banco fotovoltaico, se simulo el circuito mostrado en la siguiente imagen que tiene la función de la regulación y composición de datos adquiridos por los multímetros tanto de voltaje como de corriente.

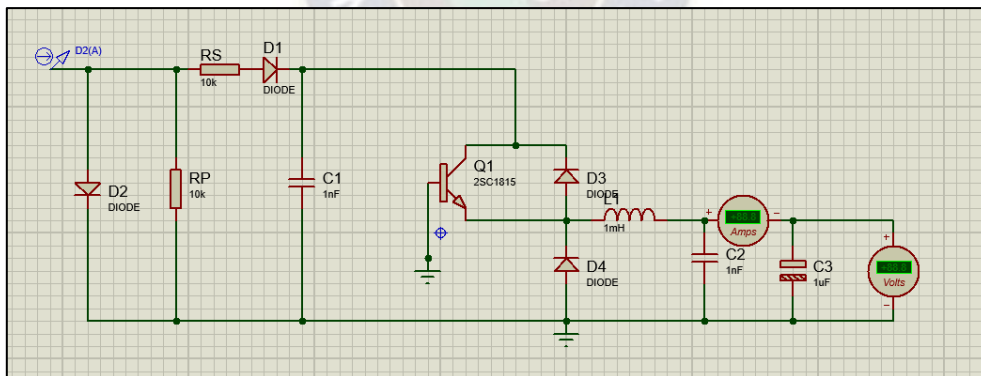
El circuito mostrado en la figura siguiente, especifica el equivalente panel fotovoltaico conectado a un convertidor reductor de corriente continua a corriente alterna que entrega la celda solar de 120W determinada por la siguiente ecuación:

$$I_{PV} = I_L - I_{osc} \left( e^{\frac{V + I_{PV} R_S}{V_t}} \right) - \frac{V + I * R_S}{R_p} \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

$I_L$ ,  $I_{osc}$ ,  $R_s$  y  $R_p$  son respectivamente la corriente generada por el panel solar, la corriente de oscuridad, la resistencia serie y la resistencia paralela de la celda solar considerando los parámetros anteriores de temperatura e irradiación solar.

Fig 61. Convertidor reductor de corriente continua a corriente alterna

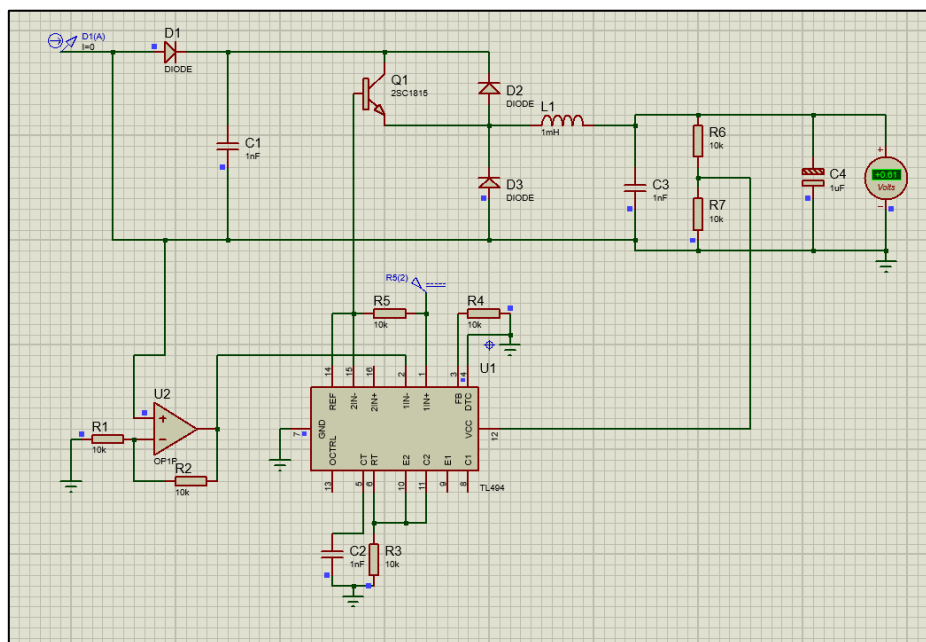


Fuente: Elaboración propia

Circuito MPPT con medición de corriente

Regulador de Carga, mantiene el voltaje de la batería de gel instalada en el banco de pruebas, sin llegar a una sobrecarga con un solo integrado, deducido para contribuir como inversor de corriente por medio de la intensidad de corriente medida en la radiación solar.

Fig 62. Circuito MPPT con medición de corriente



Fuente: Elaboración propia

MPPT del panel fotovoltaico mediante la conversión directa de corriente a PWM

Para mejorar la adquisición de datos del panel fotovoltaico se debe tener en cuenta en ángulo de inclinación de la instalación de los paneles solares, como el tiempo eficaz de la máxima radiación solar obtenida en diferentes periodos de tiempo.

## 4 COSTOS

### 4.1 Costos de Materiales

El costo de los materiales dependerá de la calidad que presentan la sofisticación de los aparatos de medición, en nuestro mercado se vera la necesidad de obtener los mismo a partir de los parámetros eficientes que se establecieron anteriormente, mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 15. Costos de Materiales

Nº	Descripción		Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Costo Total [Bs]
1	Elementos de instalación	Electrodos	[kg]	10,00	1,00	10,00
		Cables eléctricos	[m], 16 [in]	20,00	2,00	40,00
		Tornillos de sujeción	5/16 [in]	0,30	24,00	7,20
		Lijas abrasivas	0.5x0.4 [m]	2,00	4,00	8,00
2	Disco de Pulir		m <sup>2</sup>	10,00	1,00	10,00
3	Disco de Corte		m <sup>2</sup>	7,00	1,00	7,00
4	Tablero frontal		[m]	50,00	1,00	50,00
5	Tablero de trabajo		[m]	50,00	1,00	50,00
6	Perfil en L		8 [m]	90,00	1,00	90,00
7	Multímetro digital DC/AC		V/A	169,00	1,00	169,00
8	Breaker (Interruptor de circuito)		A	40,00	1,00	40,00
9	Focos		W	10,00	2,00	20,00
10	Interruptor		V	5,00	1,00	5,00
11	PLC		S7 200	1768,51	1,00	1768,51



12	Regulador de carga	22.5[V]	485,00	1,00	485,00
13	Baterías de gel	20[hr]/10,8[V]	1043,15	2,00	2086,29
14	Inversor	AC-240[V]/ 12.5[V] DC	490,00	1,00	490,00
	Total				5336,00

Fuente: Elaboración propia

Estos valores pueden cambiar en el tiempo donde fueron realizados.

#### 4.2 Costos de Elementos Especificados

Los elementos específicos serán aquellos que realmente presenten una clara diferencia al requerimiento necesitado tomando en cuenta en el mercado los tipos que existe mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 16. Costos de Diferentes Elementos en el Mercado

Nº	Descripción	Tipos	Presupuesto [Bs]	Fuente
1	Regulador de carga	CM20K-30A Controlador de Carga Solar PWM 12/24V-30A	125,00	AWERS s.r.l. servicios de ingeniería
		CMP12 Controlador de Carga Solar 12V-10A	80,00	AWERS s.r.l. servicios de ingeniería
		CMP12 Controlador de Carga Solar 12V-20A	90,00	AWERS s.r.l. servicios de ingeniería

Nº	Descripción	Tipos	Presupuesto [Bs]	Fuente
2	Baterías de gel	Batería Gel 12V 250Ah Tensite	2183,56	Autosolar
		Batería O'Cell IFM12-400E2 12V40Ah	2086,29	ST SOLAR
		Batería Gel 102 AH	3282,38	SIESA servicios integrales de energía
3	Inversor	Inversor Híbrido 12, 24, 48 voltios	490,00	SOLAR USI s.r.l.
		INVERSOR DE CORRIENTE 350W	549,00	Radioshack
4	Arduino	Microcontrolador ATmega328.	65,00	Skbolivia
		Arduino Leonardo Atmega32u4	85,00	AWERS s.r.l. servicios de ingeniería

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Costo de Instalación

La instalación del banco de pruebas será definida de acuerdo a la elaboración de la estructura mencionada anteriormente, y dependiendo de los días de trabajo.

Tabla 17. Alquiler de instrumentos para la instalación

Nº	Descripción	Alquiler [Bs/Hr]	Horas de instalación [Hr]	Costo total [Bs]
1	Amoladora	2,50	40,00	100,00
2	Energía Eléctrica	1,90	40,00	76,00
3	Arco eléctrico	17,00	40,00	680,00
4	Taladro de banco	17,00	40,00	680,00
5	Transporte	20,00	8,00	160,00
6	Monitoreo	12,30	8,00	98,40
	<b>Total</b>			<b>1794,40</b>

Fuente: elaboración propia

#### 4.4 Costo Mano de Obra

La mano de obra se define como el número total de personas que están empleadas en una empresa o están disponibles para una asignación de proyecto o trabajo en particular., se especifica de acuerdo a lo mencionado de los reglamentos internos de la ley de trabajo en Bolivia:

Tabla 18. Costo Mano de Obra

Nº	Descripción	Trabajo	Costo [Bs/Hr]	Horas de trabajo	Costo Total
1	Soldadura	La unión de las piezas	12,30	40,00	492,00
2	Instalación eléctrica	Conexión de circuitos eléctricos	12,30	40,00	492,00
3	Instalación mecánica	Ambiente de desarrollo	12,30	40,00	492,00

4	Control	Verificación del banco de pruebas	12,30	8,00	98,40
	Total				1574,40

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5 Otros Costos

Otros gastos asumibles de la instalación del banco de pruebas serán:

Tabla 19. Costos de elementos electrónicos

Fuente: Elaboración propia

Nº	Descripción	Características	Unidad	Precio Unitario	Cantidad [hr, m <sup>2</sup> , m, kg]	Costo Total [Bs]
1	Resistencia	10 [ $\Omega$ ]	Oms	0,50	9,00	4,50
2	Capacitor	4 [nf],2[uf]	faradios	1,50	6,00	9,00
3	Inductores	1[mH]	Hertz	1,50	2,00	3,00
4	Diodos	Cerámicos	unidad	1,50	7,00	10,50
5	Transistores	PNP	unidad	1,50	2,00	3,00
6	Operacionales	TL404	unidad	5,00	1,00	5,00
7	Placas de Cobre	0,5 [m <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup>	10,00	2,00	20,00
8	Quemado de Placas		m <sup>2</sup>	36,00	2,00	72,00
	Total					127,00

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6 Costo Total

El costo total se identificará de acuerdo a los costos anteriores realizados, apropiados para la realización del proyecto de banco de pruebas, descritas a continuación:

Tabla 20. Precio

Nº	Costos Generales	Precio [Bs]
1	Costos de materiales	5336,00
2	Costo instalación	1794,40
3	Costo mano de obra	1574,40
4	Costo de elementos electrónicos	127,00
	Total	8831,80

Fuente: Elaboración propia

## 5 EVALUACIÓN

### 5.1 Evaluación Técnica

El banco de pruebas está diseñado para diferentes parámetros que se requiere comprobar y verificar, ya en el mercado existen otros dispositivos similares en el cual nos brindar la información deseable, pero su sofisticado diseño impide modificar su estructura y por ende solo responden a un requerimiento como podemos observar las características técnicas de otros paneles solares sienta estos los siguientes:

- Medidor fotovoltaico / Medidor para instalaciones fotovoltaicas

Fig 63. Medidor fotovoltaico PCE-PVA 100



Fuente: PCE Instruments

El medidor fotovoltaico es un dispositivo muy útil para analizar las curvas características de las células solares. El medidor fotovoltaico cubre una amplia gama de módulos solares gracias al rango de tensión continua de 0 a 60 V y el rango de corriente continua de 0 a 12 A.

- ✓ Rango de medición: 0 -12 A DC
- ✓ diferentes funciones de prueba

- ✓ Interfaz para transferencia de datos a PC
- ✓ Visualización gráfica
- Medidor de eficiencia + curvas I-V para paneles solares - SOLAR I-Ve

Fig 64. SOLAR I-V instrumento multifunción



Fuente: HT Instruments

Solar I-V es un instrumento multifunción para verificaciones y mantenimiento sobre instalaciones fotovoltaicas monofásicas hasta 1500V/10A o 1000V/15A.

Fig 65. Comprobador fotovoltaico multifunción solar SMFT-1000 de Fluke



Fuente: INTRONICA Instruments

El comprobador fotovoltaico multifunción solar SMFT-1000 de Fluke, es una solución completa para verificar fácilmente el desempeño y seguridad de los sistemas fotovoltaicos durante la instalación, puesta en marcha y mantenimiento. Cuenta con capacidades de rastreo de curvas I-V, un medidor de irradiancia inalámbrica para obtener mediciones solares clave y un modo de prueba automático para realizar pruebas eficientes y precisas.

Puede analizar los datos capturados con el software TruTest™ (incluido en el kit), archivarlos y generar fácilmente informes profesionales.

El loso anteriores dispositivos de prueba o analizadores de palanes solares se puede contemplar características similares al panes de pruebas pero con adaptaciones ya establecidas, es decir que no se puede contemplar o introducir otros estudios adicionales.

El proyecto tiene en cuanta esta necesidad, por lo tanto, enfocarse en el mejor aprovechamiento de estos sistemas fotovoltaicos como ser los paneles solares a través de un estudio de las propiedades del mismo como ser la potencia, voltajes e intensidad de corriente suministrado por los paneles solares, obteniendo así un mejor acondicionamiento, recolección de datos y suministro de energía eléctrica

## **5.2 Evaluación Económica**

En cuanto a la utilidad del banco de pruebas fotovoltaico se adecua a una regulación de suministro eléctrico de acuerdo al decreto supremo, ya que en una adecuación del mismo será necesario para aportar y amortiguaran el coste electro a la red de suministro electro de los ambientes del instituto de



investigaciones mecánicas y electromecánicas ubicadas en el campus universitario de Cota Cota de la Universidad Mayor de San Andrés.

De hecho, podemos ver el consumo eléctrico y el coste monetario que implica en la ciudad de La Paz, *Así, para un hogar que consume de 16 a 120 kWh, el kWh va desde los Bs 0,66, pero superando este límite deberá pagar el kWh a Bs 0,84; y si rebasa los 1.000 kWh<sup>5</sup>, que es lo que sucede este mes, la energía le cuesta más: Bs 1,94 el kWh.*, (PAZ, 1996) de acuerdo a la tabla 23.

Tabla 21. Consumo eléctrico por aparato

Nº	Equipo	Cantidad	Uso diario estimado [hrs]	Consumo Mensual[kWh]	Costo [Bs]
1	Calefón eléctrico	1,00	12,00	1620,00	1,36
2	TV Color (32-40 pulgadas) - 100W	1,00	8,00	24,00	20,16
3	Foco incandescente - 100W	1,00	12,00	42,00	35,28
4	Computadora (CPU, monitor e impresora) 280W	4,00	8,00	268,80	225,79
5	Maquinas	16,00	8,00	4800,00	40,32

Fuente: Elaboración propia

La anterior tabla demuestra un poco la cantidad de energía usada en los diferentes aparatos de uso diario en el instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas.

<sup>5</sup> (DE LA PAZ, 1996)

Por tanto, el banco de pruebas obtuvo los siguientes datos durante un año para la compensación de energía eléctrica:

Tabla 22. Energía Obtenida de los Paneles Solares

Nº	Meses	Energía [kWh]
1	Enero	8.356,00
2	Febrero	7.266,00
3	Marzo	7.992,00
4	Abril	7.629,00
5	Mayo	8.356,00
6	Junio	7.629,00
7	Julio	7.992,00
8	Agosto	8.356,00
9	Septiembre	7.266,00
10	Octubre	8.356,00
11	Noviembre	7.992,00
12	Diciembre	7.629,00
	Total	94.819,00

Fuente: Elaboración propia

Los 94.819,00 [kWh] producidos durante un año serán los ideales ya que esta medida para el funcionamiento constante, por lo cual se reducirá un 40% la producción del mismo, aprovechando así el suministro que brinda la energía fotovoltaica, por lo tanto, podemos realizar un análisis para la inversión del proyecto con la finalidad de validar que los paneles solares están en condiciones

adecuadas para su uso, que se provee a partir del instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas.

En la comparación de precios y el costo de nuestro panel solar es el siguiente:

Tabla 23. Comparación de Precios de Paneles Solares

Dispositivo	Características	Costo
Medidor fotovoltaico PCE-PVA 100	0 a 60 V y 0 a 12 A. continua	1149.90 euros 8435,29 Bs
Medidor de eficiencia + curvas I-V para paneles solares – SOLAR I-Ve	1500V/10A ó 1000V/15A.	5553.90 euros 40773,52 Bs
Comprobador fotovoltaico multifunción Fluke SMFT-1000 PRO KIT	Rastreo de curvas I-V, un medidor de irradiancia	8879.90 euros 65191,08 Bs
Panel de pruebas fotovoltaico	0 a 22V y de 0 a 8 A	8831,80 Bs

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, el banco de pruebas para el IIME tiene un costo relativo respecto a los demás, pero cabe mencionar que tiene limitaciones, respecto a los parámetros de control, pero puede adaptarse al requerimiento que necesite el panel solar.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Es posible un diseño de banco de pruebas de paneles fotovoltaicos para el instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas para prácticas de laboratorio, para obtener y constatar las características descritas en la ficha de datos técnicos que los fabricantes proveen, y también se brindó información de periodos de tiempo donde se recolectó datos tanto de insolación, radiación e irradiación solar, donde se obtuvo una ficha técnica de las características que debe tener el panel solar.

Se realizó Simulaciones de los paneles solares en diferentes condiciones climáticas para el uso didáctico en el instituto de investigaciones mecánicas y electromecánicas, observando las características, que se debe tener para la instalación y estudio del panel solar, con diferentes resultados en los años desde 2019 a 2021, que cambia su potencial obtenido.

Se determino las características y mediciones eléctricas correspondientes como ser: máximo voltaje obtenido en Voltios [V], máxima corriente obtenida en amperios [A], Potencia obtenida en kilovatios [kW] entre otros, al comparar a los establecidos, las medidas fueron distintas debajo del margen que el fabricante manifiesta en sus especificaciones donde manifiestan la eficiencia ideal que podría proporcionar en panel solar, pero mediante el banco de pruebas, con una inclinación recomendada del 30 grados respecto a la horizontal.

Se determino la radiación solar mediante pruebas necesarias para obtener el calor térmico necesario para su eficiencia optima, en los cuales son distintos durante los meses en que el panel solar estuvo instalado.

Se Genero una ficha técnica del panel solar adecuada para nuestro ambiente climático, en el que se menciona las características necesarias que se debe tener en cuenta para su uso adecuado.

El banco de pruebas no es un proyecto viable para el IIME, es decir que no es posible su inversión para solo el estudio de unos pocos paneles solares, pero puede tomarse las oportunidades, de servicio en las diferentes áreas como ser en instituciones que quieran ejecutar este proyecto como en Instituto Boliviano de metrología (IBMETRO), las diferentes empresas en operación construcción y planificación de la producción de energía a partir de paneles solares, implementación en viviendas que mediante aduanas llega a nuestro país y por ende necesitan un control y verificación de los mismos.

## **6.2 Recomendaciones**

El banco de pruebas fotovoltaico debe ser manifestado de acuerdo a la instalación adecuada, de ser posible en la condición optima de irradiación solar durante el año, permitiendo datos necesarios para mejorar las condiciones de instalación de los paneles solares.

Por tanto, es necesario conocer de programas alternativos, para establecer en que periodos del año son las mejores condiciones para la elaboración de la máxima potencia obtenida, es decir mediante programas como la Nasa (Power Data Access Viewer), o la aplicación del ministerio de hidrocarburos y energía INTIVITU, detallan en parte la irradiación que converge en ambientes del lugar de instalación de los paneles solares.

El costo tanto de los accesorios como los instrumentos dedicados a la prueba de potencial de los paneles solares son implícitamente adecuados a la

necesidad requerida, siendo posible una amortización de los mismos, tomando en cuenta hasta donde se desea llegar en busca de los parámetros necesarios para la toma de datos.

Motivar y continuar el desarrollo y uso de las energías fotovoltaicas, ya que el requerimiento de energía va en aumento, las energías limpias si no son las más lucrativas son preferentemente de cuidado ambiental, por otro lado, el presente proyecto puede ser ambientado en pequeños dispositivos para el rápido y continuo estudio de las energías fotovoltaicas.



## 7 BIBLIOGRAFIA

1. Andrés, E., Carlos, A., Ricardo, H., (2010) *Conexión de un sistema fotovoltaico a la red eléctrica*. Universidad Tecnológica de Pereira.
2. Agustín, C., German, S., (2012) *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Editex.
3. Álvaro, V., (2016) *Optimización de la etapa de recolección de energía de un sistema fotovoltaico tipo utilizado en zonas rurales del departamento de la paz*. UMSA.
4. Yuranis, S., Hismary, G., Marley, V., Guillermo, V., Eunice, V., (2108) *Diseño técnico y económico de un banco de prueba solar fotovoltaico para generación de energía eléctrica de forma aislada*. Revista "Technical and economic design of a photovoltaic solar test bank for power generation off-grid".
5. F. Casellas, R. Piqué, F. Guinjoan, G. Velasco y H. Martínez (2019) *Banco de Pruebas para Panel Fotovoltaico*. Universidad Politécnica de Catalunya.
6. Edwin, R., Iván, M., Edison, T., Elkin, F., Juan, C., (2020) *Banco de pruebas didáctico para aprendizaje y medición del rendimiento de paneles solares fotovoltaicos*. Universidad Santo Tomás. Colombia.
7. Norma, R., Miguel, D., (2020) *Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio*. CIMAV. Centro de investigación en materiales avanzados, s. c. posgrado.
8. Claudia, M., (2021) *Evaluación Financiera*. UNAM. Facultad de economía.

9. Francisco, F., (2016) *Análisis del mercado fotovoltaico*. Universidad Politécnica de Cartagena.
10. Diego, M., (2020) *Análisis de la transición hacia el uso sostenible de las fuentes energéticas*. CEPAL.
11. Ministerio de Hidrocarburos y Energías, (2021) *Generación Distribuida con Sistemas Solares fotovoltaicos Conectados a la red eléctrica*. AETN. VMEEA.
12. Robinson, A., Frank, G., (2003) *Tutorial básico para programación de plc*. Universidad tecnológica de Bolívar facultad de ingeniería eléctrica y electrónica área de automatización Cartagena de indias.
13. Joany, Z., (2016) *Ingeniería de Costos y Presupuestos*. Universidad Autonomía de san Francisco.




## 7.1 Webgrafía

- 1 <https://www.hogarsense.es/placas-solares/conexiones-paneles-solares>
- 2 [https://www.bivica.org/files/6200\\_Genereci%C3%B3n%20distribuida%20en%20alta\(1\).pdf](https://www.bivica.org/files/6200_Genereci%C3%B3n%20distribuida%20en%20alta(1).pdf)
- 3 <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/los-10-paneles-solares-mas-eficientes-del-mercado/>
- 4 <https://www.helioesfera.com/diagrama-sistema-fotovoltaico/>
- 5 <https://www.youtube.com/watch?v=eXMpIE3tRtk>
- 6 [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-48212006000300009](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212006000300009)



8 ANEXOS





Anexo 1. Datos técnicos de Tornillos en milímetros

DATOS TÉCNICOS SISTEMA MÉTRICO TABLA DE PRECARGA Y/O TORQUE DE APRIETE							
TAMAÑO		CALIDAD 5.8		CALIDAD 8.8		CALIDAD 10.9	
							
Diámetro en mm	Paso de rosca	Esf. Tracción 50 kg/mm²		Esf. Tracción 80 kg/mm²		Esf. Tracción 100 kg/mm²	
		Torque de apriete kg/m	Torque de apriete lb/pie	Torque de apriete kg/m	Torque de apriete lb/pie	Torque de apriete kg/m	Torque de apriete lb/pie
4	0.7	0.2	1.7	0.38	2.7	0.53	3.8
5	0.8	0.4	3.3	0.76	5.5	1.1	7.9
6	1.0	0.8	6.0	1.3	9.4	1.8	12.9
8	1.25	1.6	14.0	3.1	22.7	4.4	31.7
	1.0	2.1	15.7	3.4	24.5	4.7	33.9
10	1.5	4.0	28.8	6.2	45.0	8.8	63.5
	1.25	4.2	30.7	6.6	47.6	9.3	67.1
12	1.75	7.0	50.5	10.0	78.7	15.4	111.2
	1.25	7.7	55.6	11.9	85.4	16.8	121.3
14	2.0	11.2	80.8	17.3	124.9	24.4	176.1
	1.5	12.2	88.0	18.8	135.7	26.6	192.0
16	2.0	17.5	126.3	27.0	194.9	38.1	275.0
	1.5	18.6	134.0	28.7	207.1	40.6	293.0
20	2.5	34.1	246.1	52.7	380.4	74.4	537.0
	1.5	37.9	273.6	58.5	422.3	82.6	596.0
24	3.0	58.8	425.6	91.4	657.6	128.6	928.3
	2.0	64.1	462.7	99.1	715.3	140.0	1010.0

\* Par de apriete recomendado en piezas de acero, lubricados y sin arandelas.  
 \* Para piezas de aluminio y fundiciones de hierro el torque es menor.  
 \* Para torque de apriete en Newtons.metro (N.m) multiplicar Kg m x 9.8

Fuente: EKERLAN INOX SRL

Anexo 2. Datos técnicos de Tornillos en pulgadas

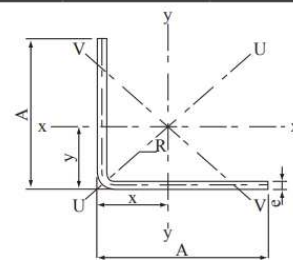
Diámetro de tornillo, perno o espárrago (in)			Espárragos solamente							
	Grado 2		Grado 4		Grado 5		Grado 7		Grado 8	
Rosca gruesa UNC y 9 UN	kg-m	ft-lbs	kg-m	ft-lbs	kg-m	ft-lbs	kg-m	ft-lbs	kg-m	ft-lbs
1/4	0.8	6	1.4	10	1.2	9	1.5	11	1.7	12
5/16	1.5	11	2.8	20	2.4	17	2.9	21	3.6	25
3/8	2.8	20	5.0	36	4.3	31	5.3	38	6.1	44
7/16	4.4	32	8.0	58	6.9	50	8.4	61	9.7	70
1/2	6.8	49	12.4	90	10.4	75	12.9	93	14.7	106
9/16	9.7	70	18.0	130	15.1	109	18.7	135	21.3	154
5/8	13.4	97	24.9	180	20.1	150	25.6	185	29.3	212
3/4	23.8	172	43.6	315	36.8	266	45.6	330	52.6	380
7/8	23.5	170	69.8	505	59.5	430	73.3	530	84.4	610
1	34.6	250	105	760	89.9	650	111	300	126	910
1-1/8	49.1	355	149	1075	111	800	156	1130	178	1290
1-1/4	69.2	500	210	1520	155	1120	220	1590	252	1820
1-3/8	91.3	660	275	1990	203	1470	289	2090	331	2390
1-1/2	120	870	365	2640	270	1950	383	2770	437	3160
1-3/4	190	1370	575	4160	426	3080	604	4370	690	4990
2	285	2060	864	6250	640	4630	908	6570	1037	7500
2-1/4	418	3020	1264	9140	936	6770	1328	9600	1517	10970
2-1/2	571	4130	1729	12500	1279	9250	1816	13130	2075	15000
2-3/4	773	5590	2344	16950	1734	12540	2462	17800	2821	20400
3	1028	7390	3097	22390	2292	16570	3250	23500	3720	26900
3-1/4	1317	9520	3990	28850	2953	21350	4159	30290	4785	34600
3-1/2	1664	12030	5041	36450	3730	26970	5297	38300	6058	43800
3-3/4	2066	14940	6265	45300	4633	33500	6583	47600	7524	54400
4	2528	18280	7862	55400	5970	41000	8049	58200	9197	66500

Fuente: EKERLAN INOX SRL

**DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MECÁNICAS Y ELECTROMECAÑICAS**

**Anexo 3. Datos técnicos de Tornillos en pulgadas de Perfiles L**

<b>ENABOLCO - EMPRESA NACIONAL BOLIVIANA CONSTRUCTORA</b>	
<b>ESPECIFICACIONES GENERALES PERFIL L</b>	
LARGO NORMAL:	6 (m) Perfiles estándares
OTRAS DIMENSIONES:	A pedido, previa consulta
CALIDAD COMERCIAL:	Acero ASTM A36 - SAE 1010
TERMINACIÓN:	Extremos lisos de máquina



Dimensiones Nominales			Peso teórico	Area	Propiedades					
A	e	R			EJE X - X e Y - Y			EJE U - U	EJE V - V	
mm	m	m	Kgf/m	A	I	W	i	x=y	iuu	cm
50	2.00	2.00	1.52	1.93	4.86	1.33	1.59	1.34	2.01	0.99
	3.00	3.00	2.24	2.85	7.05	1.95	1.57	1.39	2.00	0.97
80	2.00	2.00	2.46	3.13	20.44	3.46	2.55	2.09	3.24	1.60
	3.00	3.00	3.65	4.65	30.02	5.12	2.54	2.14	3.23	1.58
100	2.00	2.00	3.09	3.93	40.27	5.44	3.20	2.59	4.06	2.01
	3.00	3.00	4.59	5.85	59.39	8.07	3.19	2.64	4.04	1.99
	4.00	4.00	6.07	7.74	77.83	10.64	3.17	2.68	4.03	1.97
	6.00	6.00	8.96	11.41	112.79	15.61	3.14	2.78	4.00	1.94
125	2.00	2.00	3.87	4.93	79.20	8.53	4.01	3.22	5.08	2.52
	3.00	3.00	5.77	7.35	117.19	12.69	3.99	3.26	5.06	2.50
	4.00	4.00	7.64	9.74	154.12	16.77	3.98	3.31	5.05	2.48
	6.00	6.00	11.31	14.41	224.91	24.72	3.95	3.40	5.02	2.45
150	2.00	2.00	4.66	5.93	137.48	12.32	4.81	3.84	6.10	3.03
	3.00	3.00	6.95	8.85	203.89	18.35	4.80	3.89	6.08	3.01
	4.00	4.00	9.21	11.74	268.77	24.29	4.79	3.93	6.07	2.99
	6.00	6.00	13.67	17.41	394.04	35.90	4.76	4.02	6.04	2.96
200	4.76	4.76	14.66	18.68	762.16	51.56	6.39	5.22	8.10	4.00
	6.35	6.35	19.42	24.74	1002.60	68.16	6.37	5.29	8.08	3.97
	7.94	7.94	24.11	30.72	1236.35	84.47	6.34	5.36	8.06	3.95
	9.53	9.53	28.74	36.61	1463.39	100.49	6.32	5.44	8.04	3.92
250	6.35	6.35	24.40	31.09	1979.62	107.24	7.98	6.54	10.12	5.00
	7.94	7.94	30.34	38.65	2447.90	133.13	7.96	6.61	10.10	4.97
	9.53	9.53	36.21	46.13	2905.46	158.65	7.94	6.69	10.08	4.94
	12.70	12.70	47.77	60.85	3790.06	208.62	7.89	6.83	10.03	4.89
300	15.88	15.88	59.06	75.23	4634.47	257.18	7.85	6.98	9.99	4.83
	9.53	9.53	43.69	55.66	5075.66	230.04	9.55	7.94	12.12	5.96
	12.70	12.70	57.74	73.55	6645.59	303.20	9.51	8.08	12.08	5.91
	15.88	15.88	71.52	91.11	8156.63	374.65	9.46	8.23	12.03	5.85

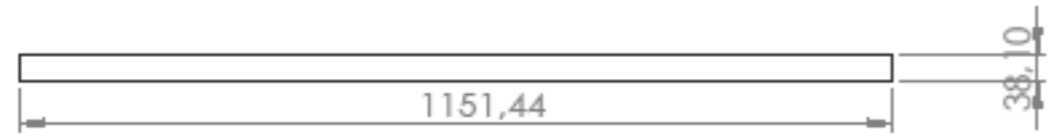
Fuente: ENALBOLCO Perfiles y Vigas

Anexo 4. Datos técnicos de ángulo de inclinación de paneles solares

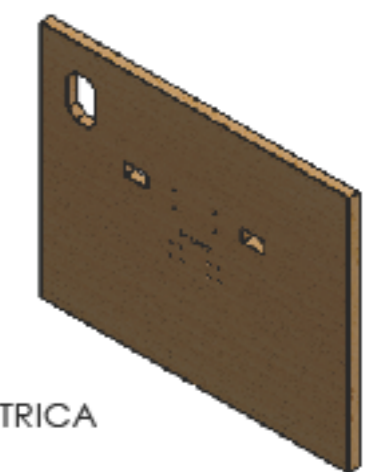


Angulo de inclinación °	Longitud de paneles A (m)			
	1,5	1,6	3	4
10	0,26	0,28	0,52	0,69
12	0,31	0,33	0,62	0,83
15	0,39	0,41	0,78	1,04
18	0,46	0,49	0,93	1,24
20	0,51	0,55	1,03	1,37
25	0,63	0,68	1,27	1,69
28	0,70	0,75	1,41	1,88
30	0,75	0,80	1,50	2,00
35	0,86	0,92	1,72	2,29
40	0,96	1,03	1,93	2,57
45	1,06	1,13	2,12	2,83
50	1,15	1,23	2,30	3,06
55	1,23	1,31	2,46	3,28

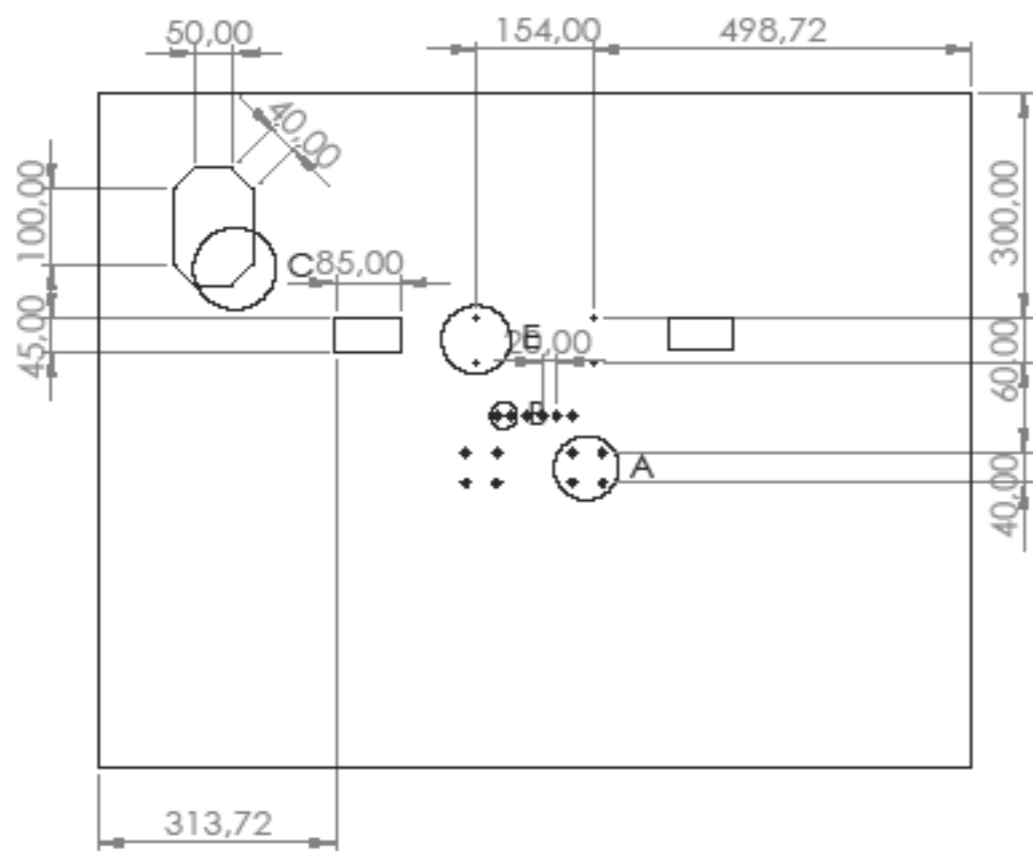
Fuente: TECNOSOL energía solar y sistemas de riego



VISTA SUPERIOR



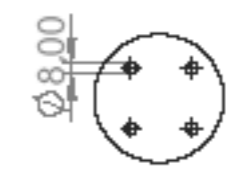
ISOMÉTRICA



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



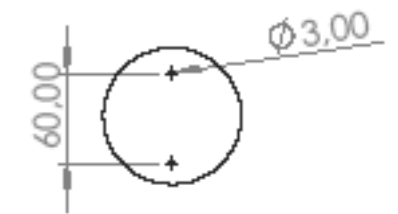
DETALLE A  
ESCALA 1 : 5



DETALLE C  
ESCALA 1 : 5

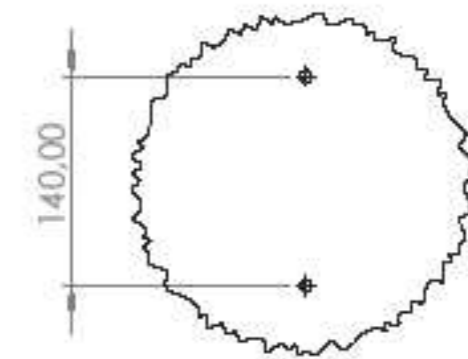
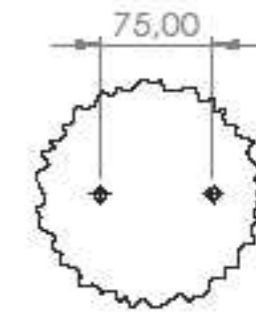
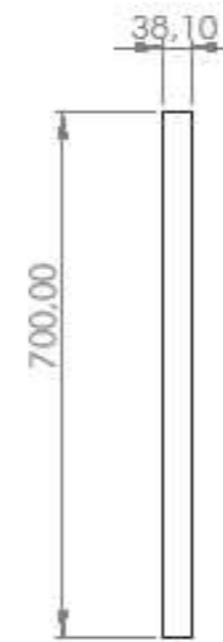
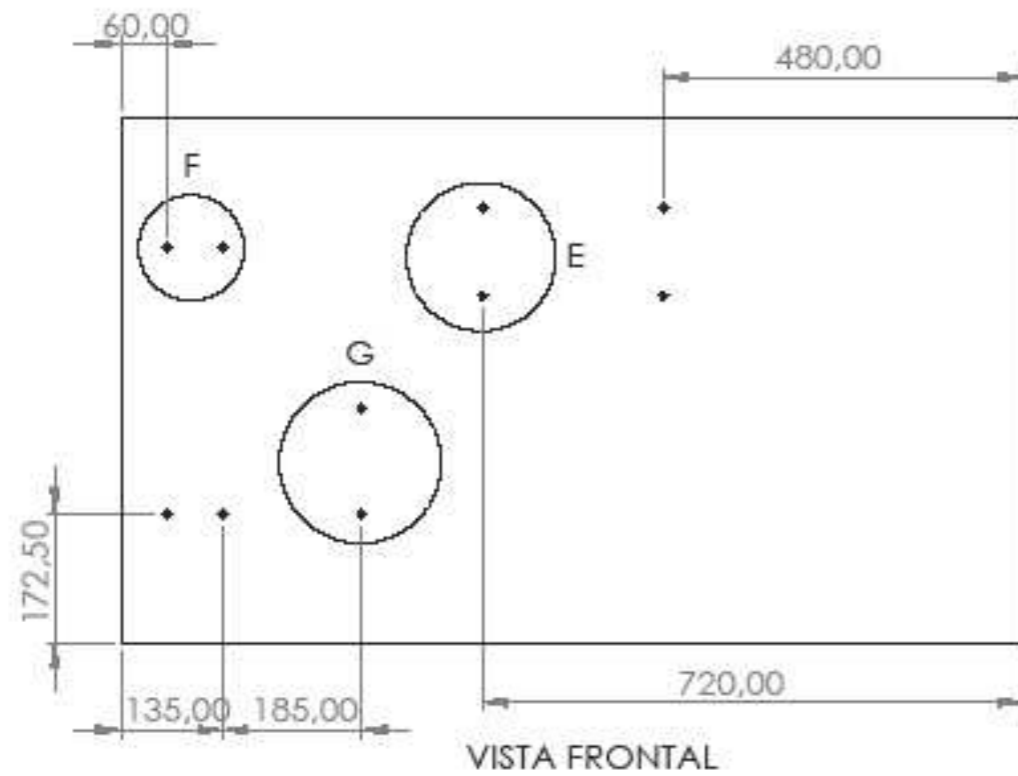
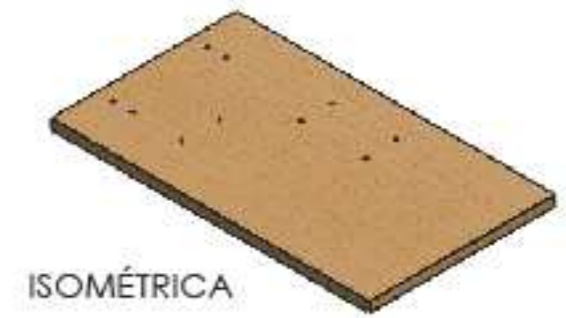
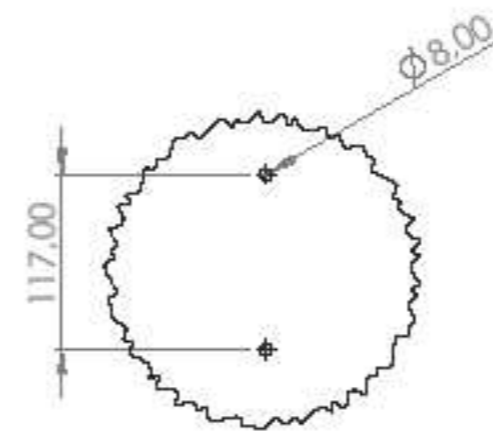
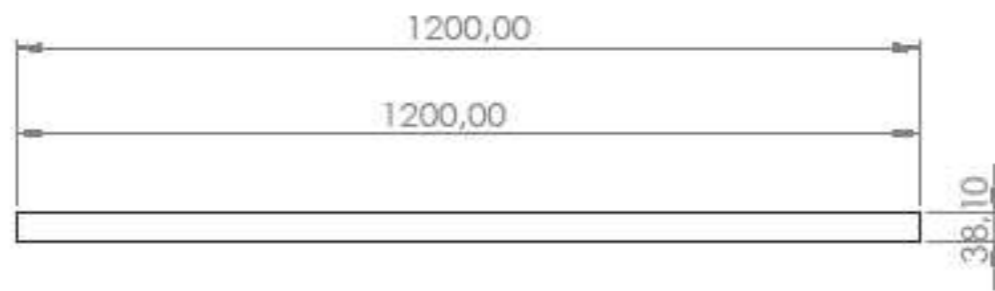


DETALLE B  
ESCALA 1 : 5

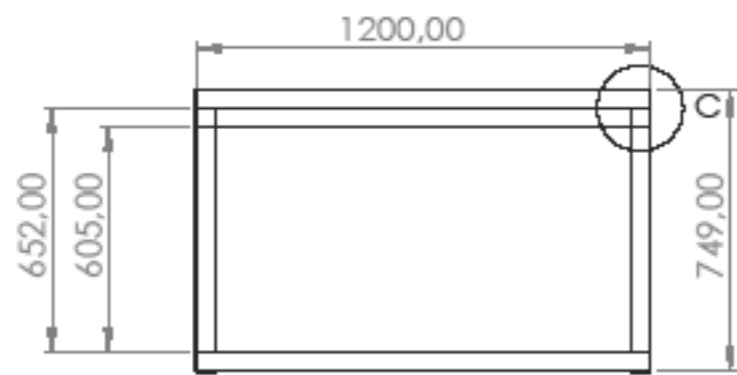


DETALLE E  
ESCALA 1 : 5

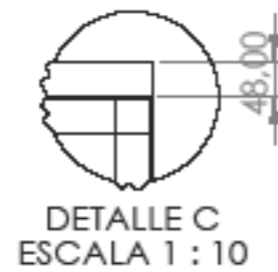
NOMBRE	SAVEDIO CALLIZAYA C.	UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES FACULTAD DE INGENIERIA	ESCALA
CARRERA	ING. ELECTROMECÁNICA		1:10
REVISOR			LAMINA
FECHA	03/03/2023		1
		BANCO DE PRUEBAS FOTOVOLTAICO	
		PANEL SUPERIOR	



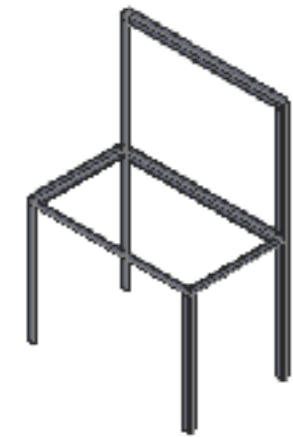
NOMBRE	SAVEDIO CALLIZAYA C.	UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES FACULTAD DE INGENIERIA	ESCALA
CARRERA	ING. ELECTROMECÁNICA		1:10
REVISOR			LAMINA
FECHA	03/03/2023		2
		BANCO DE PRUEBAS FOTOVOLTAICO	
		MESA DE TRABAJO	



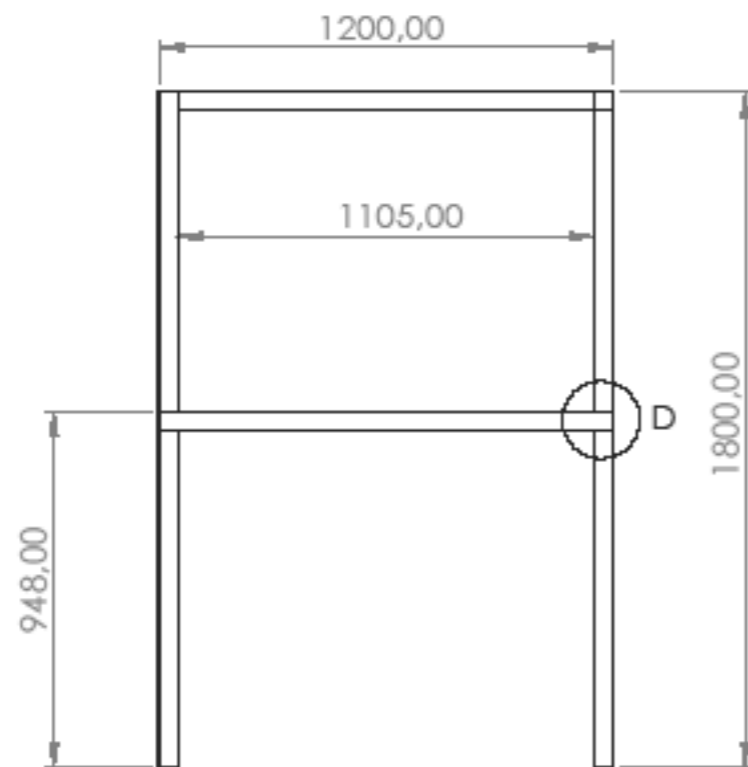
VISTA SUPERIOR



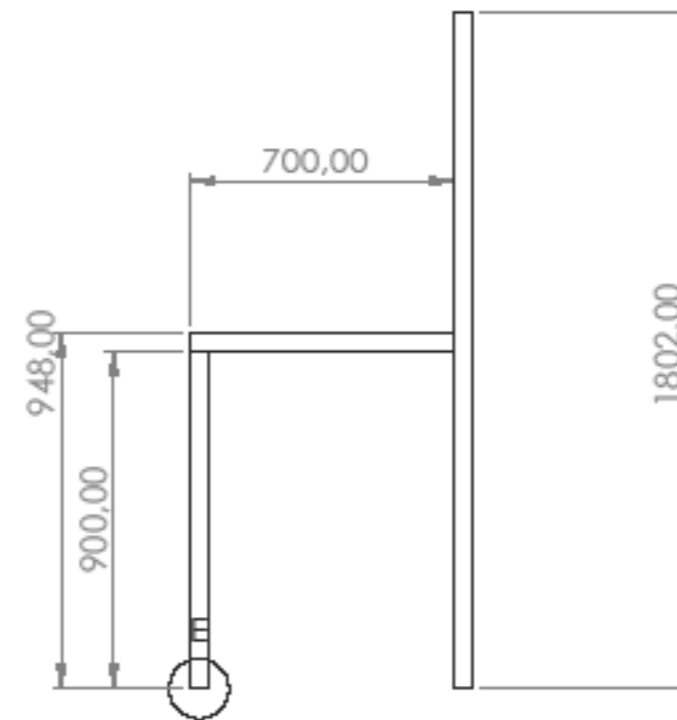
DETALLE C  
ESCALA 1 : 10



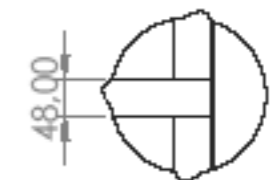
ISOMÉTRICA



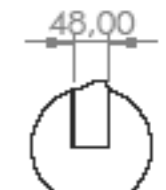
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

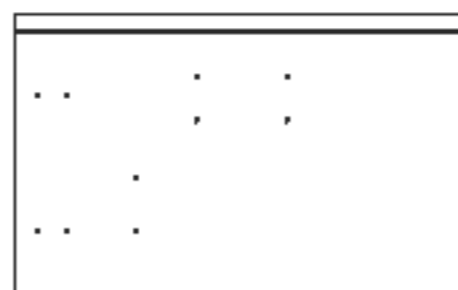


DETALLE D  
ESCALA 1 : 10

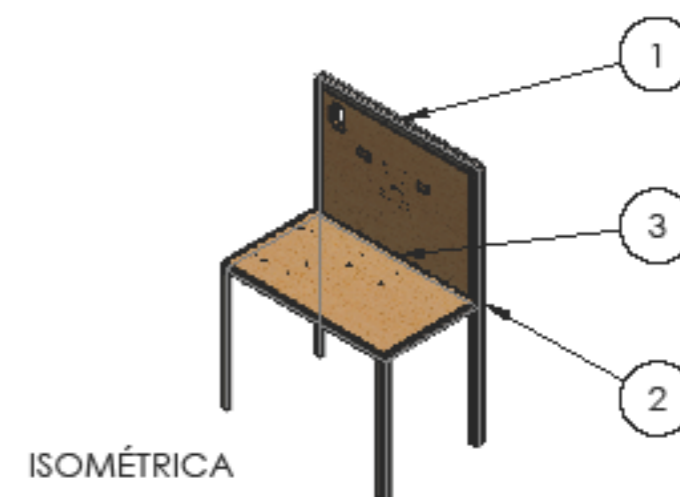


DETALLE E  
ESCALA 1 : 10

NOMBRE	SAVEDIO CALLIZAYA C.	UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES FACULTAD DE INGENIERIA	ESCALA
CARRERA	ING. ELECTROMECAÁNICA		1:20
REVISOR			LAMINA
FECHA	03/03/2023		3
		BANCO DE PRUEBAS FOTOVOLTAICO	
		ESTRUCTURA INTERNA	

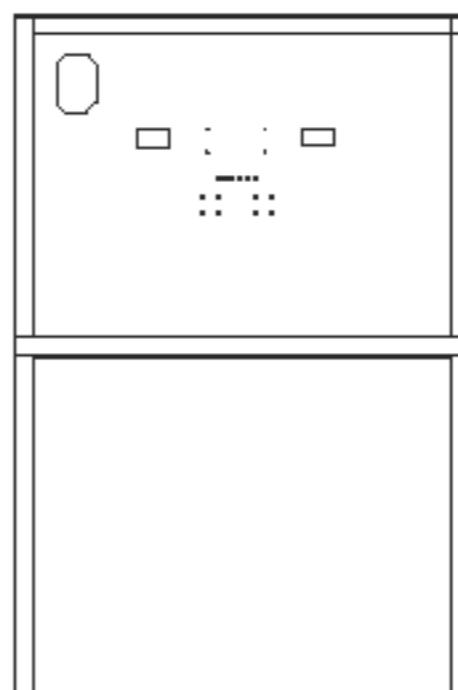


VISTA SUPERIOR

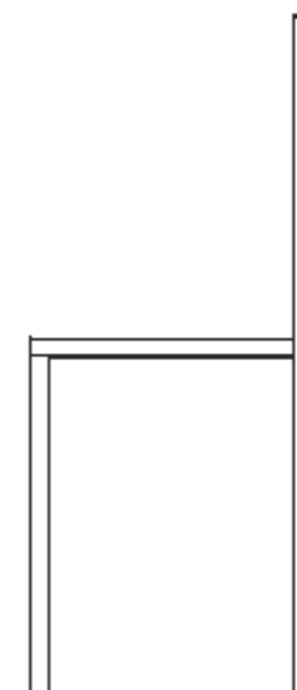


ISOMÉTRICA

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD	MATERIAL
1	Panel Superior	1	Balsa
2	Estructura Interna	1	ASTM A36 Acero
3	Mesa de Trabajo	1	Balsa



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

NOMBRE	SAVEDIO CALLIZAYA C.	UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES FACULTAD DE INGENIERIA	ESCALA
CARRERA	ING. ELECTROMECAÁNICA		1:20
REVISOR			LAMINA
FECHA	03/03/2023		4
		BANCO DE PRUEBAS FOTOVOLTAICO	
		ESTRUCTURA COMPLETA	

Autor: Samedio Callizaya Calle

Correo electrónico: [savedionat@gmail.com](mailto:savedionat@gmail.com)

Celular: 79130739





2024-TTES-577-D-1

**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR  
Y DERECHOS CONEXOS**  
**RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-1696/2024**  
**La Paz, 12 de junio de 2024**

**VISTOS:**

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **05 de junio de 2024**, por **SAVEDIO CALLIZAYA CALLE** con C.I. N° **6043928 LP**, con número de trámite **DA 949/2024**, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulado: **"DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MECÁNICAS Y ELECTROMECAÑICAS"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

**CONSIDERANDO:**

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el *"Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración"*.

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece *"Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión"*. En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: *"la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"*

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley N° 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los*



ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

**POR TANTO:**

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas.

**RESUELVE:**

**INSCRIBIR** en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulado: "**DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MECÁNICAS Y ELECTROMECAÓNICAS**" a favor del autor y titular: **SAVEDIO CALLIZAYA CALLE** con **C.I. N° 6043928 LP**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

CASA/Im

Firmado Digitalmente por:

Servicio Nacional de Propiedad Intelectual - SENAPI  
**CARLOS ALBERTO SORUCO ARROYO**  
**DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS**  
LA PAZ - BOLIVIA



Firma:



eICgd8Li4Ce63G

PARA LA VALIDACIÓN DEL PRESENTE DOCUMENTO INGRESAR A LA PÁGINA WEB [www.senapi.gob.bo/verificacion](http://www.senapi.gob.bo/verificacion) Y COLOCAR CÓDIGO DE VERIFICACIÓN O ESCANEAR CÓDIGO QR.

