

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**



**IMPLEMENTACIÓN DE UN CARGADOR SOLAR
PROTOTIPO PARA BATERÍAS DE EQUIPOS
ELECTRÓNICOS EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE JAÉN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**AUTORES : Bach. Stani Lauret Olano Carrero
Bach. Alex Miller Pérez Campos**

ASESOR : Msc. Víctor Olger Llalla Vargas

JAÉN – PERÚ, AGOSTO, 2019

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día **15** de **Julio** del año 2019, siendo las **3:10** horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: **M. Sc. Freddi Roland Rodríguez Ordoñez.**

Secretario: **Mg. José Andrés Fernández Mera**

Vocal: **Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez**, para evaluar la Sustentación de:

() Trabajo de Investigación

(X) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN CARGADOR SOLAR PROTOTIPO PARA BATERÍAS DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN"**, presentado por los Bachilleres **ALEX MILLER PÉREZ CAMPOS Y STANI LAURET OLANO CARRERO**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | (16) |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las **4:00** horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



M. Sc. Freddi Roland Rodríguez Ordoñez
Presidente del Jurado Evaluador



Mg. José Andrés Fernández Mera
Secretario Jurado Evaluador



Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez
Vocal Jurado Evaluador

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN CARGADOR SOLAR
PROTOTIPO PARA BATERÍAS DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS
EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN”**


Bach. Alex Miller Pérez Campos

Tesista


Bach. Stanu Lauret Olano Carrero

Tesista


Msc. Víctor Olger Llalla Vargas

Asesor

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**


Aprobado por el siguiente jurado:


M.Sc.Freddi Roland Rodríguez Ordoñez

Presidente


Mg.José Andrés Fernández Mera

Secretario


Ing.Eduar Jamis Mejía Vásquez

Vocal

DEDICATORIA

A Dios por darme la sabiduría para seguir adelante y ser mi guía en el camino hacia el éxito.

A mi mamá Florinda Carrero Delgado por su apoyo incondicional brindado durante mi formación profesional.

Stani Olano Carrero

A Dios por brindarme salud, vida y una hermosa familia a mi padre Dagoberto Pérez Rojas, mi madre Orfelinda Campos Rimarachín, a mi hermana Judith Yuleysi Pérez Campos, a mi sobrino Müller Campos Pérez y a todas las personas por brindarme su apoyo incondicional para poder lograr mis objetivos propuestos.

Alex Miller Pérez Campos

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarnos salud, vida y por darnos las fuerzas necesarias para ir creciendo en la vida profesional y así cumplir nuestras metas trazadas.

A las autoridades de la Universidad Nacional de Jaén por facilitarnos la instalación del cargador solar en el campus de esta casa superior de estudios.

A nuestro Asesor: Msc. Víctor Olger Llalla Vargas por su orientación y apoyo en el desarrollo de la presente tesis.

De igual manera a nuestros padres y familiares que hicieron posible la culminación de nuestra carrera profesional.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	2
	2.1. Objetivo General.....	2
	2.2. Objetivos Específicos.....	2
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
	3.1.Ubicación geográfica.....	3
	3.2.Clima y temperatura.....	3
	3.3.Análisis de la radiación solar.....	4
	3.3.1. Datos registrados por la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Jaén	4
	3.3.2. Datos registrados de la National Aeronautics and Space Administration (NASA)	5
	3.4. Estimación de la demanda del consumo energético.....	6
	3.5. Cálculo del consumo medio diario.....	8
	3.6. Dimensionamiento del cargador solar prototipo.....	11
	3.6.1. Dimensionamiento del módulo fotovoltaico.....	11
	3.6.2. Dimensionamiento de la batería.....	12
	3.6.3. Dimensionamiento del regulador de carga.....	13
	3.6.4. Dimensionamiento del inversor	14
	3.6.5. Dimensionamiento del cableado	15
	3.6.6. Dimensionamiento de protecciones	19
	3.6.6.1. Fusibles para paneles	20
	3.6.6.2. Fusible para batería e inversor	20
	3.6.6.3. Protección en corriente alterna.....	20
	3.6.7. Estructura de soporte.....	20

3.6.8. Topología del cargador solar prototipo diseñado.....	21
3.7. Componentes del cargador solar prototipo utilizados.....	21
3.7.1. Panel solar	21
3.7.2. Batería	22
3.7.3. Regulador o controlador de carga	22
3.7.4. Inversor	23
3.7.5. Conductores y Tomacorriente	23
3.8. Proceso de montaje del cargador.....	24
3.8.1. Ubicación de la instalación	24
3.8.2. Instalación de la batería.....	25
3.8.3. Instalación del panel solar.....	25
3.8.4. Instalación del inversor	26
3.8.5. Instalación de punto de carga.....	26
3.9. Mantenimiento.....	27
3.10. Presupuesto.....	27
IV. RESULTADOS	29
V. DISCUSIÓN	36
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
VIII. ANEXOS	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Irradiación promedio de la estación meteorológica UNJ.	4
Tabla 2.Incidencia de radiación promedio mensual en (kWh/m ² /día) delimitada en el ecuador a -5,675° Latitud; -78,776° Longitud.	5
Tabla 3.Radiación solar promedio 2018.	6
Tabla 4. Consumo de energía de artefactos eléctricos.	7
Tabla 5.Cargas del cargador solar prototipo y energía consumida estimada.	8
Tabla 6.Insolación mes crítico para determinar el ángulo de inclinación solar del prototipo	10
Tabla 7.Ángulo de inclinación y corriente máxima de operación para febrero.	10
Tabla 8.Tensión nominal en función de la potencia.	12
Tabla 9.Coeficiente de conductividad del cobre en función a la temperatura.	16
Tabla 10.Valores máximos y mínimos de corriente para determinar la sección del conductor.	17
Tabla 11.Selección del conductor y caída de tensión.	19
Tabla 12.Costo de mantenimiento anual.	27
Tabla 13.Presupuesto.	28
Tabla 14.Variación porcentual de la radiación solar.	29
Tabla 15.Descripción de componentes del cargador solar prototipo.	30
Tabla 16.Porcentaje de carga de laptop hp Core i7.	31
Tabla 17.Porcentaje de carga de un celular Alcatel Onetouch	31
Tabla 18. Mediciones en un día soleado sin carga	32
Tabla 19.Mediciones en un día soleado con carga	33
Tabla 20.Mediciones en un día nublado sin carga.	34
Tabla 21.Mediciones en un día nublado con carga.	34
Tabla 22.Especificaciones técnicas del panel solar de 60 Wp.	42
Tabla 23.Especificaciones técnicas del regulador de carga.	42
Tabla 24.Especificaciones técnicas de la batería	43
Tabla 25.Especificaciones técnicas del inversor.	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista satelital de la Universidad Nacional de Jaén.....	3
Figura 2. Topología de cargador solar prototipo.	21
Figura 3. Panel solar de 60 W _p	22
Figura 4. Batería de 40 Ah- 12 V.....	22
Figura 5. Regulador de carga de 10 A.	23
Figura 6. Inversor de 150 W, modelo EC-150 HUSB.....	23
Figura 7. Tomacorriente.	24
Figura 8. Materiales y herramientas utilizadas.	25
Figura 9. Conexión de batería al regulador.....	25
Figura 10. Conexión del panel solar al regulador.	26
Figura 11. Conexión del inversor con el regulador	26
Figura 12.Carga de baterías de celular y laptop.....	31
Figura 13.Medición de voltaje, corriente y potencia para un día soleado sin carga.....	32
Figura 14.Medición de voltaje, corriente y potencia para un día soleado con carga.....	33
Figura 15.Medición de voltaje, corriente y potencia para un día nublado sin carga	34
Figura 16.Medición de voltaje, corriente y potencia para un día nublado con carga	35
Figura 17. Estructura del cargador solar prototipo	40
Figura 18. Láminas de detalle.....	41
Figura 19. Realización de la soldadura del soporte de la laptop y celular.....	44
Figura 20.Medición de inclinación de panel a 5°	44
Figura 21.Instalación de caja rectangular para alojar la batería, regulador e inversor. ..	45
Figura 22.Pintado del soporte	45
Figura 23.Instalación de los componentes del cargador solar prototipo.....	46
Figura 24.Izado de la estructura de cargador solar	46
Figura 25.Instalación del cargador solar prototipo	47
Figura 26.Verificación de carga de laptop hp core i7.....	48
Figura 27.Carga de baterías de laptop core i7 y celular Alcatel Onetouch	48
Figura 28.Cargador solar prototipo en funcionamiento.....	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Estructura de soporte del cargador solar prototipo	40
Anexo 2. Especificaciones técnicas de los componentes del cargador solar.....	42
Anexo 3. Fotografías de construcción de la estructura soporte	44
Anexo 4. Pruebas de funcionamiento	48

RESUMEN

El presente trabajo de investigación muestra la implementación de un cargador solar prototipo para baterías de equipos electrónicos en el campus de la Universidad Nacional de Jaén ,para lo cual se realizó la evaluación de la radiación solar en la zona realizando una comparación de los datos registrados por la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Jaén y la NASA ,utilizando esta última porque tiene una data de los últimos 22 años ,luego se estimó la demanda del consumo energético para un celular y una laptop ,también se realizó el dimensionamiento de los componentes como :panel fotovoltaico, batería ,regulador de carga e inversor. A continuación, se diseñó el cargador solar prototipo como estructura, soporte del panel que está ubicado en la parte superior, caja rectangular de fierro galvanizado que contiene a la batería, regulador e inversor y punto de carga. Finalmente se construyó obteniendo los diversos componentes del mercado local, la cual se encuentra ubicado en el campus universitario al costado del comedor universitario.

Palabras clave: prototipo, cargador solar, implementación, radiación solar.

ABSTRACT

The present research work shows the implementation of a prototype solar charger for batteries of electronic equipment in the campus of the National University of Jaén, for which the evaluation of the solar radiation in the area was carried out making a comparison of the data registered by the meteorological station of the National University of Jaén and NASA, using the latter because it has a data of the last 22 years, then the energy consumption demand for a cell phone and a laptop was estimated, the sizing of the components was also carried out : photovoltaic panel, battery, charge regulator and inverter. The prototype solar charger was then designed as a structure, a panel support that is located on the upper part, a rectangular galvanized iron box that contains the battery, regulator and inverter and charging point. It was finally built obtaining the various components of the market local, which is located on the university campus next to the university cafeteria.

Keywords: prototype, solar charger, implementation, solar radiation.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia el empleo de energías convencionales ha conllevado al desarrollo de la sociedad sin embargo estas energías se están agotando e impactan perjudicialmente al medio ambiente ya que emiten gases de efecto invernadero produciendo el calentamiento global y por ende el deterioro de la calidad de vida del ser humano. Es por ello que requieren de medidas de solución de corto y mediano plazo (Alvarado,2018).

En Jaén actualmente, se hace uso de energías provenientes de fuentes convencionales como centrales hidroeléctricas y centrales térmicas sin aprovechar la gran cantidad de recursos naturales existente en la zona, como la energía solar por la gran cantidad de horas sol percibidas al año.

La propuesta de este estudio radica en implementar una fuente de energía limpia para la carga de batería de equipos electrónicos en el campus de la Universidad Nacional de Jaén, mediante el diseño e implementación de un proyecto sostenible a través de la energía solar fotovoltaica.

El presente trabajo tiene como objetivo general diseñar e implementar un cargador solar prototipo para baterías de equipos electrónicos en el campus de la Universidad Nacional de Jaén, tomando como referencia los datos obtenidos por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (National Aeronautics and Space Administration,NASA) y la Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Jaén, a continuación se estimó la demanda del sistema ,el dimensionamiento de cada componente del cargador solar, luego la construcción, instalación, montaje y puesta en funcionamiento en el campus de la Universidad Nacional de Jaén.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Implementar un cargador solar prototipo para baterías de equipos electrónicos en el campus de la Universidad Nacional de Jaén.

2.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la radiación solar en la zona del proyecto.
- Diseñar el cargador solar prototipo para baterías de equipos electrónicos.
- Construir el cargador solar prototipo para baterías de equipos electrónicos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica

El cargador solar prototipo se ubicó en el campus de la Universidad Nacional de Jaén situado en el sector Yanuyacu.

La ciudad universitaria se encuentra ubicado a una latitud de $-5,6752669$ y longitud $-78,77659741$ de coordenadas decimales en el hemisferio sur.



Figura 1. Vista satelital de la Universidad Nacional de Jaén

Fuente: Google Hearth (2019)

3.2. Clima y temperatura

Herbert (2016) en su plan de seguridad ciudadana indica que “la provincia de Jaén cuenta con un clima variado, la cual se caracteriza por sus diferentes microclimas con temperaturas que oscilan entre $8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”.

3.3. Análisis de la radiación solar

3.3.1. Datos registrados por la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Jaén

Dichos datos se obtuvieron de la base de datos de la estación meteorológica ubicada en el laboratorio de Ingeniería Forestal y Ambiental de los últimos años 2016 y 2017 ya que desde 2018 hasta junio del 2019 no tiene registro de irradiación por encontrarse con falla alguna, la cual tiene como principal herramienta la Consola Davis Vantage Pro 2 que procesa datos para luego brindar a los usuarios para su diferente utilización.

Se procesó los datos mediante Microsoft Excel de los 12 meses para los dos años, luego se determinó los promedios de irradiación de estos años 2016 y 2017, la cual se brinda a continuación:

Tabla 1.

Irradiación promedio de la estación meteorológica UNJ.

Mes	Promedio de Irradiación Mensual (kWh/m ² /día) 2016 y 2017
Enero	4,52
Febrero	4,19
Marzo	4,16
Abril	5,02
Mayo	4,66
Junio	4,34
Julio	4,62
Agosto	5,11
Setiembre	5,21
Octubre	5,84
Noviembre	5,67
Diciembre	4,83
PROMEDIO	4,84

Fuente: Rufasto (2019)

Mediante la cual, se concluye que el mes de menor radiación solar es febrero con 4,19 kWh/m²/día, y el mes de mayor radiación solar es octubre con 5,84 kWh/m²/día y obteniendo un promedio de 4,84 kWh/m²/día para ambos años.

3.3.2. Datos registrados de la National Aeronautics and Space Administration (NASA)

Por otro lado, se obtuvo los datos de fuentes reconocidas internacionalmente, como el caso de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), quienes registran información promedio durante los últimos años. La Tabla 2, brinda la información de la radiación en la provincia de Jaén con latitud: $-5,675^\circ$ y longitud: $-78,776^\circ$.

Tabla 2.

Incidencia de radiación promedio mensual en (kWh/m²/día) delimitada en el ecuador a -5,675° Latitud; -78,776° Longitud.

Mes	Rad. Reflejada	Rad. Difusa	Rad. Directa	Incidencia Rad. a 0°	Incidencia Rad. a 5°	Incidencia Rad. a 20°	Incidencia Rad. a 90°
Enero	0,39	2,28	2,75	4,09	4,13	4,13	2,09
Febrero	0,36	2,32	2,29	3,87	3,88	3,81	1,78
Marzo	0,40	2,32	2,72	4,19	4,19	4,06	1,66
Abril	0,42	2,13	3,07	4,19	4,24	4,26	2,15
Mayo	0,47	1,9	3,72	4,26	4,37	4,56	2,74
Junio	0,48	1,77	3,93	4,18	4,31	4,59	3,01
Julio	0,48	1,81	3,93	4,26	4,39	4,63	2,93
Agosto	0,48	1,99	3,92	4,57	4,65	4,76	2,57
Setiembre	0,48	2,20	3,92	4,89	4,91	4,83	1,99
Octubre	0,46	2,34	3,68	4,87	4,88	4,76	1,9
Noviembre	0,48	2,27	4,19	5,07	5,12	5,13	2,40
Diciembre	0,44	2,26	3,51	4,55	4,61	4,65	2,38
Promedio	0,44	2,13	3,47	4,42	4,47	4,51	2,30

Fuente: Elaboración propia. Datos NASA (2018)

Por lo cual, para el dimensionamiento del prototipo de cargador solar se tomó en cuenta los datos registrados por la NASA ya que muestran datos de los últimos 22 años de radiación solar en Jaén, por lo cual, se elige los ángulos de inclinación 5° y 20° ya que son los óptimos para obtener una buena radiación.

Se nota que la radiación solar mínima durante los meses de enero a diciembre es $3,88 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ para febrero con una inclinación de 5° y de $3,81 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ con una inclinación de 20° .

Por lo tanto, se tomó como criterio el ángulo que ofrezca mayor radiación de las dos anteriores que sería 3,88 kWh/m²/día con un ángulo de 5°, la cual se menciona a continuación:

Tabla 3.

Radiación solar promedio 2018.

Mes	Radiación Horizontal (kWh/m²/día)
Enero	4,13
Febrero	3,88
Marzo	4,19
Abril	4,24
Mayo	4,37
Junio	4,31
Julio	4,39
Agosto	4,65
Setiembre	4,91
Octubre	4,88
Noviembre	5,12
Diciembre	4,61

Fuente: NASA (2018)

3.4. Estimación de la demanda del consumo energético

Para el diseño del cargador solar es necesario conocer la demanda de energía requerida, ya que es el parámetro fundamental. La carga a suministrar de energía fue de un celular y una laptop, con un consumo del celular de 10 W y el de la laptop de 35 W, según Organismo de Supervisión de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN, 2018).

En la Tabla 4 se muestra el consumo energético de ciertos artefactos eléctricos.

Tabla 4.

Consumo de energía de artefactos eléctricos.

Artefactos Eléctricos	Potencia (W)
DVD	20
Celular	10
Laptop	35
Ventilador	50
Refrigeradora	350
Equipo de sonido	80
Computadora	300
TV 20"	120
Secadora	1200
Terma	1500
Aspiradora	1200
Microondas	1100

Fuente: OSINERGMIN (2018)

A continuación, se presenta la identificación de las cargas de consumo que el sistema va a asumir, así como el número de horas que estas emplean. Siendo el consumo diario de energía de cada carga el producto de la potencia por el tiempo que se emplea (Mejía, 2018).

El consumo de energía se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo medio diario} = \sum_{i=1}^n (\text{potencia} \times \text{tiempo}) \quad (1)$$

$$E_{dm} = \sum_{i=1}^n (P \times t)$$

Donde:

E_{dm} : Consumo de energía medio diario

i : Elemento considerado

P : Potencia nominal del elemento

t : El número de horas al día

Las cargas y horas diarias de uso para estimar la demanda de consumo de energía del cargador solar prototipo en la Universidad Nacional de Jaén está dada en la siguiente tabla:

Tabla 5.

Cargas del cargador solar prototipo y energía consumida estimada.

Descripción	Cantidad	Potencia (Watts)	Potencias totales (Watts)	Horas /día	Días/ sem.	Wh/ sem.	Voltaje de operación
Celular	1	10	10	4	5	200	220 CA
Laptop	1	35	35	4	5	700	220 CA
Total de demanda de energía a la semana CA						900	Wh/sem.
Total de demanda CA de energía por día						180	Wh/día
Total de demanda por día						180	Wh/día

Fuente: Elaboración propia

3.5. Cálculo del consumo medio diario

Para el cálculo del consumo medio diario, se tomó en cuenta el impacto por uso de inversor, e impacto por eficiencias de conductores y batería. Si el sistema dispusiera de cargas de corriente continua y cargas de corriente alterna se calcula tomando en cuenta el rendimiento del inversor en las cargas de alterna, ya que habrá pérdidas de eficiencia (Mejía, 2018). El consumo medio diario se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$E_{dm} = \frac{E_{dm,CD} + \frac{E_{dm,CA}}{n_i}}{n_{bat} \times n_{cond}} \quad (2)$$

$$E_{dm} = \frac{0 + \frac{180}{0,9}}{0,9 \times 0,97}$$

$$E_{dm} = 229,09 \text{ Wh/día}$$

Donde:

E_{dm} : El consumo medio diario (Wh).

$E_{dm,CD}$: Consumo diario en corriente continua.

$E_{dm,CA}$: Consumo diario en corriente alterna.

n_i : Eficiencia del inversor.

n_{bat} : Eficiencia de la batería.

n_{cond} : Eficiencia de los conductores

Donde la eficiencia del inversor es del 90%, la eficiencia de la batería de 90%, y los conductores una eficiencia de 97%. Considerando un voltaje nominal de sistema de generación de 12 V, que se selecciona en función a la potencia (ver Tabla 8).

Mediante la cual se obtiene la carga corregida en Ah mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{E_{dm}}{V_{n,sgen}} \quad (3)$$

$$Q = \frac{229,09}{12} = 19,09 \text{ Ah/día}$$

Donde:

Q : Carga corregida (Ah).

E_{dm} : Consumo medio diario.

$V_{n,sgen}$: Voltaje nominal del sistema de generación.

Por lo tanto, la carga corregida es de 19,09 Ah/día. A continuación, se realizó la evaluación de la irradiación para el mes más crítico que es febrero, la cual la corriente máxima de operación se determinó según la ecuación (4):

$$I_{sistema} = \frac{Q}{HSD_{crit}} \quad (4)$$

$$I_{sistema} = \frac{19,09}{3,88} = 4,92 \text{ A}$$

Donde:

$I_{sistema}$: Corriente que debe entregar los paneles para cumplir la capacidad estimada.

Q : Demanda de energía corregido en amperio-hora.

HSD_{crit} : Horas sol diaria promedio u horas mínimas diarias.

En la Tabla 6 se muestra el comportamiento de la corriente del proyecto en los meses de enero a diciembre del 2018 para los ángulos de inclinación (5° y 20°) respectivamente:

Tabla 6.

Inclinación mes crítico para determinar el ángulo de inclinación solar del prototipo

Inclinación a latitud 5°				Inclinación a latitud 20°			
Mes	Carga corregida (Ah/día)	Horas Pico (H)	Corriente del proyecto	Mes	Carga corregida (Ah/día)	Horas Pico (H)	Corriente del proyecto
Ene-18	19,09 /	4,13	4,62	Ene-18	19,09 /	4,13	4,62
Feb-18	19,09 /	3,88	4,92	Feb-18	19,09 /	3,81	5,01
Mar-18	19,09 /	4,19	4,56	Mar-18	19,09 /	4,06	4,70
Abr-18	19,09 /	4,24	4,50	Abr-18	19,09 /	4,26	4,48
May18	19,09 /	4,37	4,37	May18	19,09 /	4,56	4,19
Jun-18	19,09 /	4,31	4,43	Jun-18	19,09 /	4,59	4,16
Jul-18	19,09 /	4,39	4,35	Jul-18	19,09 /	4,63	4,12
Ago-18	19,09 /	4,65	4,11	Ago-18	19,09 /	4,76	4,01
Set-18	19,09 /	4,91	3,89	Set-18	19,09 /	4,83	3,95
Oct-18	19,09 /	4,88	3,91	Oct-18	19,09 /	4,76	4,01
Nov-18	19,09 /	5,12	3,73	Nov-18	19,09 /	5,13	4,72
Dic-18	19,09 /	4,61	4,14	Dic-18	19,09 /	4,65	4,11

Fuente: Elaboración propia

Como se nota en la Tabla 6 para el diseño de nuestro proyecto necesitamos dimensionarlo con las condiciones extremas, es decir con la mínima radiación para el mes más desfavorable que es febrero.

Tabla 7.

Ángulo de inclinación y corriente máxima de operación para febrero

Latitud 5°		Latitud 20°	
Horas Pico (H)	Corriente del Proyecto	Horas Pico (H)	Corriente del Proyecto
4,92	3,88	5,01	3,81

Fuente: Elaboración propia

Para la inclinación del panel fotovoltaico se comparó las inclinaciones 5°, 20° y se tomó la que ofrece mayor radiación, que en este caso es 3,88 kW/m²/día, lo que indica la

radiación mínima mensual que recibirá nuestro sistema, la cual corresponde a la inclinación de 5°.

Además, para cada uno de los casos anteriores Tabla 7, se selecciona la corriente máxima del proyecto que se da durante el año, luego se elige la corriente mínima, entre estas tres, dando como resultado 3,88 horas pico y 4,93 A, que es la corriente del proyecto y el ángulo de inclinación de 5°.

3.6. Dimensionamiento del cargador solar prototipo

3.6.1. Dimensionamiento del módulo fotovoltaico

Para seleccionar un módulo comercial y calcular el número de paneles es necesario conocer cuál es la energía necesaria diaria que se debe producir. También se deben conocer las condiciones de radiación de cada mes, las condiciones de la instalación y el criterio para dimensionarla (Alvarado, 2018).

Ya conocida la menor radiación solar que se da en el mes de febrero con 3,88 horas solar pico y la energía necesaria mínima diaria a suministrar es de 180 Wh/día, con una máxima demanda de 45 W, por lo tanto, se seleccionó un panel fotovoltaico poli cristalino de 60 Wp, la cual nos proporcionará una energía diaria de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E = P_{\text{mmp}} \times \text{HSP} \quad (5)$$

$$E = 60 \times 3,88$$

$$E = 232,8 \text{ Wh/día}$$

Donde:

E : Energía diaria que proporciona el panel

HSP : Horas sol pico

P_{mmp} : Potencia máxima del módulo fotovoltaico

Determinada la energía del panel que entrega, es necesario conocer cuál será la tensión para nuestro sistema. Por lo tanto, la tensión seleccionada es de 12 V, ya que la potencia no supera los 800 Wp según la siguiente tabla.

Tabla 8.

Tensión nominal en función de la potencia.

Potencia	Tensión nominal
$P \leq 800 \text{ Wp}$	12 V
$800 < P \leq 1600 \text{ Wp}$	24 V
$1600 < P \leq 3200 \text{ Wp}$	48 V
$P > 3200 \text{ Wp}$	96,120,6300V

Fuente: Mejía (2018)

Mediante la cual el panel seleccionado será de 60 Wp,12 V.

La corriente que entrega el panel fotovoltaico se determinó por la ley de Ohm:

$$P=V \times I \quad (6)$$

Donde:

P : Potencia en (W)

V : Tensión en (V)

I : Corriente en (A)

En consecuencia, el panel tiene una potencia de 60 Wp, un voltaje nominal de 12 V, por lo tanto, la corriente que proporciona el panel será la potencia entre el voltaje, la cual da como resultado una corriente de 5 A.

3.6.2. Dimensionamiento de la batería

Para determinar la cantidad de baterías se necesita partir de los siguientes datos de la instalación: energía diaria consumida y la tensión de la instalación que es de 12 V, teniendo un consumo diario de 180 Wh/día, y necesitando un día y medio de autonomía (un día y medio sin sol). Por lo consiguiente aclaramos que con esta consideración el sol aporta cero cargas cosa que no es cierta. Por más nublado que se encuentre siempre algo de carga se aporta de acuerdo a las diferentes radiaciones como directa, reflejada o difusa.

El criterio más utilizado es el de Amperios-hora (Ah), ya que es necesario que la batería entregue el voltaje del bus CD para los inversores. Con una demanda de

corriente corregida de 19,09 Ah/día calculado anteriormente y un factor de profundidad de descarga máxima, así como también un factor de corrección por temperatura.

La capacidad nominal de la batería en función de la máxima descarga se calculó con la siguiente ecuación:

$$C_{bateria} = \frac{Q \times N_{d,aut}}{(FP_{maxDB,d}) \times F_{CT}} \quad (7)$$

$$C_{bateria} = \frac{19,09 \times 1,5}{0,87 \times 0,9} = 34,01 Ah/día$$

Donde:

$C_{bateria}$: Capacidad de la batería (Ah)

Q : Amperios corregidos de la demanda de energía (Ah)

$N_{d,aut}$: Número de días de autonomía

$FP_{maxDB,d}$: Factor de profundidad de descarga máxima diaria 0,87

F_{CT} : Factor de corrección por temperatura 0,9

Realizados los correspondientes cálculos la batería necesaria para un día y medio de autonomía del cargador solar prototipo será de 40 Ah y un voltaje nominal de 12 V.

3.6.3. Dimensionamiento del regulador de carga

Como primer paso, se debe determinar la corriente máxima de entrada y la corriente máxima de salida que debe soportar el regulador. Para el cálculo del regulador de carga se consideró la corriente máxima que entrega el generador fotovoltaico, de forma que se escoja un controlador capaz de asumir esa corriente para asegurar que la pérdida de eficiencia que el regulador sufre con el tiempo y no afecte el sistema, puede aplicarse un factor de seguridad por ampacidad (máxima intensidad de corriente que puede establecerse de manera constante por un conductor) y temperatura (Mejía, 2018).

Con los resultados anteriormente determinados tenemos un panel solar de 60Wp,12 V, con lo cual ya podemos calcular la corriente de entrada al regulador con la siguiente ecuación:

$$I = \frac{P}{V} \quad (8)$$

$$I = \frac{60}{12}$$

$$I = 5 \text{ A}$$

Teniendo la corriente máxima generada ($I_{max.G}$) que es de 5 A, pasaremos a determinar el regulador con la siguiente ecuación:

$$I_{regulador} \geq 1,25 \times I_{SC,panel} \times N_p \quad (9)$$

$$I_{regulador} \geq 1,25 \times 8,3 \times 1$$

$$I_{regulador} \geq 10,375 \text{ A}$$

Por lo tanto, el regulador seleccionado es de 10 A.

$$N = \frac{I}{I_{reg.seleccionado}} = \frac{10,375}{10} = 1,0375$$

Dado que se ha tenido en cuenta un margen de error alto al calcular las intensidades, se acepta el valor obtenido y se sugiere redondear a la unidad, es por ello que utilizaremos un regulador de carga de 10 A.

3.6.4. Dimensionamiento del inversor

Se debe tener en cuenta los picos de potencia que se ha analizado previamente al caracterizar las cargas de nuestro proyecto las características de nuestro inversor se definen por la potencia nominal (kW), tensión nominal de entrada CD (V), tensión nominal de salida CA (V), la frecuencia de operación (Hz) y el rendimiento (Mejía, 2018).

Nuestro proyecto tiene una potencia de corriente alterna de 45 W, con un factor de simultaneidad de 100%. Determinaremos así la potencia del inversor con la siguiente ecuación:

$$P_{inv} = P_{CA} \times F_s \quad (10)$$

$$P_{inv} = 45 \times 1$$

$$P_{inv} = 45W$$

Donde:

P_{inv} : Potencia del inversor.

P_{CA} : Potencia de cargas en corriente alterna.

F_s : Factor de simultaneidad.

Con el cálculo realizado el inversor a seleccionar será mayor a 45 W, por tal motivo el inversor seleccionado es de 150 W, ya que no se encuentran inferiores a este y no son comerciales en el mercado local, nacional.

Por tanto, la corriente de entrada del inversor de 150 W, con una tensión del sistema de 12 V es de 12,5 A mediante la ecuación (8) y una corriente de salida de 0,68 A, con una tensión de 220 V en corriente alterna.

3.6.5. Dimensionamiento del cableado

Para calcular las secciones y la longitud del cable necesario se tuvo en cuenta la tensión, y la intensidad. Como nuestro proyecto es compacto (todos sus dispositivos se encuentran en un mismo contenedor) no necesitaremos tramos largos de cable, por lo que las secciones no serán muy grandes. Necesitaremos utilizar de máximo aislamiento y resistencia a inclemencias del tiempo (lluvia, sol, polvo, humedad, etc.).

Para la determinación de la sección del conductor en diferentes tramos tenemos la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2 \times L \times I}{\Delta V \times k} \quad (11)$$

Donde:

S = Sección del cable

L = Longitud del cable

I = Intensidad máxima de corriente en el cable

ΔV = Caída de tensión permitida en el tramo

k = Conductividad eléctrica del cable

Según Ministerio de Energía y Minas (MINEM ,2004), el límite máximo de caídas internas de tensión es de 0,480 V entre terminales de generador y batería del regulador, en un sistema de 12 V, sometido a la máxima corriente.

El material de los cables es de cobre, cuya conductividad depende de la temperatura, al no poder medir la temperatura en cada punto, se utilizó un valor estándar de la conductividad a una temperatura de 30 °C.

3.6.5.1. Cableado desde el panel hasta el regulador

- Longitud: Los elementos estarán cerca unos a otros teniendo un máximo de 0,5 m de longitud.
- Intensidad: Será la corriente máxima del panel, donde para nuestro proyecto es de 5 A y se utilizó el valor estándar de conductividad del cobre a 30 °C, según la Tabla 9, este porcentaje equivale a $54 \text{ m}/\Omega \times \text{mm}^2$.

Tabla 9.

Coefficiente de conductividad del cobre en función a la temperatura.

Temperatura	Coefficiente de conductividad del cobre (K) ($\text{m}/\Omega \times \text{mm}^2$)
20 °C	56
30 °C	54
40 °C	52
50 °C	50
60 °C	48
70 °C	48
80 °C	45
90 °C	44

Fuente: Jaime (2007)

Dado que, la corriente del proyecto es menor a los 11 A, por lo tanto, la sección del conductor es de 1,5 mm² según Tabla 10, es por ello que la configuración es: 2x1,5mm².

Tabla 10.

Valores máximos y mínimos de corriente para determinar la sección del conductor.

Corrientes máxima (A)		
Sección Cu mm²	Menor valor de I (A)	Mayor valor de I (A)
1,5	11	24
2,5	15	33
4	20	45
6	25	57
10	34	76
16	45	105
25	59	140
35	77	174
50	94	210

Fuente:Jaime (2007)

A continuación, se determinó la caída de tensión mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta V = \frac{2 \times L \times I}{S \times k} \quad (12)$$

$$\Delta V = \frac{2 \times 0,5 \times 5}{1,5 \times 54}$$

$$\Delta V = 0,061 \text{ V}$$

En consecuencia, la caída de tensión es de 0,061 V, cumpliendo con lo establecido.

3.6.5.2. Cableado desde regulador hasta la batería

La batería y el regulador se colocó lo más próximo posible, utilizando como máximo una longitud de conductor de 0,20 m, con una corriente de

5 A, con un valor estándar de conductividad del cobre a 30° C, según la Tabla 9 de $54 \text{ m}/\Omega \times \text{mm}^2$.

La corriente es menor a 11 A, por lo que la sección necesaria es de $1,5 \text{ mm}^2$ según la Tabla 10. Por lo cual la caída de tensión está dada por la siguiente ecuación:

$$\Delta V = \frac{2xLxI}{Sxk} \quad (13)$$

$$\Delta V = \frac{2x0,20x5}{1,5x54}$$

$$\Delta V = 0,024\text{V}$$

Cumpliendo así la máxima caída de tensión permitida.

3.6.5.3. Cableado desde el regulador hasta el inversor

La batería y el inversor se separan mediante una longitud de 0,40 m de cable, y con una corriente de 12,5 A, con un valor de conductividad estándar según Tabla 9 de $54 \text{ m}/\Omega \times \text{mm}^2$, con una sección de conductor de $2,5 \text{ mm}^2$ según Tabla 10, con estos valores se determinó la caída de tensión con la siguiente ecuación:

$$\Delta V = \frac{2xLxI}{Sxk} \quad (14)$$

$$\Delta V = \frac{2x0,40x12,5}{1,5x54}$$

$$\Delta V = 0,123 \text{ V}$$

Obteniendo la caída de tensión de 0,123 V desde los bornes de la batería hasta el ingreso del inversor.

3.6.5.4. Cableado desde el inversor hasta la carga

La longitud de cable entre el inversor y la carga es de 4 m, con una corriente de 0,68 A, con una sección de conductor de $1,5 \text{ mm}^2$ según

Tabla 10, con un valor de resistividad de cobre (ρ) estándar de $1/54 \Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$ para una temperatura de $30 \text{ }^\circ\text{C}$, por lo cual la caída de tensión se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta V = \frac{2 \times P \times \rho \times L}{V \times S} \quad (15)$$

$$\Delta V = \frac{2 \times 149,6 \times 4}{220 \times 1,5 \times 54}$$

$$\Delta V = 0,067 \text{ V}$$

Por lo tanto, la caída de tensión es de $0,067 \text{ V}$ desde los bornes del inversor hasta la carga.

Para el cableado del cargador solar prototipo dividiremos en diferentes tramos, el primer tramo fue la conexión desde el panel solar hasta el regulador de carga, el segundo tramo desde el regulador hasta la batería, el tercer tramo desde el regulador hasta el inversor y el último tramo desde el inversor hasta la carga. Como se ve en la siguiente tabla.

Tabla 11.

Selección del conductor y caída de tensión.

Selección del tramo de línea	$I(A)$	Sección(mm^2)	L(m)	$\Delta v(V)$
Tramo I	5	1,5	0,50	0,061
Tramo II	5	1,5	0,20	0,024
Tramo III	12,5	2,5	0,40	0,123
Tramo IV	0,68	1,5	4	0,067

Fuente: Elaboración propia

3.6.6. Dimensionamiento de protecciones

Como en toda instalación eléctrica, es necesario poner ciertas protecciones, tanto para las personas como para los componentes eléctricos. Cada elemento eléctrico necesita una protección distinta, pero como norma general, los dispositivos que trabajan con corriente continua precisarán fusibles y los que trabajan en corriente alterna magnetotérmicos (Jaime, 2007).

3.6.6.1. Fusibles para paneles

En la instalación del cargador solar prototipo solo tendremos un solo panel con una potencia máxima de $60W_p$.

3.6.6.2. Fusible para batería e inversor

La corriente que pasa por el conductor que une el regulador de carga con el inversor es de 12,5 A, el fusible a elegir es de $I_n = 15$ A.

3.6.6.3. Protección en corriente alterna

En corriente alterna es necesario colocar las protecciones para 220 V de salida del inversor, así como termo magnéticos, que se encarguen de proteger el inversor de las sobrecargas producidas por cortocircuito, como también los equipos electrónicos, además de proteger los cables, también es necesario proteger a las personas frente a contactos directos e indirectos con un interruptor diferencial que actúa conjuntamente con la puesta a tierra.

La corriente que circula del inversor a la carga es de 0,68 A, con dicha corriente seleccionaremos el tipo de protección que es un interruptor termo magnético de 1 A.

3.6.7. Estructura de soporte

Los diferentes componentes del cargador solar más el panel están montados sobre un tubo circular metálico de $1\frac{1}{2}'' \times 0,9$, de 3 metros de longitud, con una cimentación 0,50 m de concreto, 10 cm de solado, a un metro de altura se encuentra la salida de carga (tomacorriente) debajo de una lámina de melanina y sobre este se coloca el celular o laptop a cargar (Ver Anexo 1).

3.6.8. Topología del cargador solar prototipo diseñado

Con todos los componentes dimensionados, la topología del cargador solar prototipo es tal como se muestra en la siguiente figura:

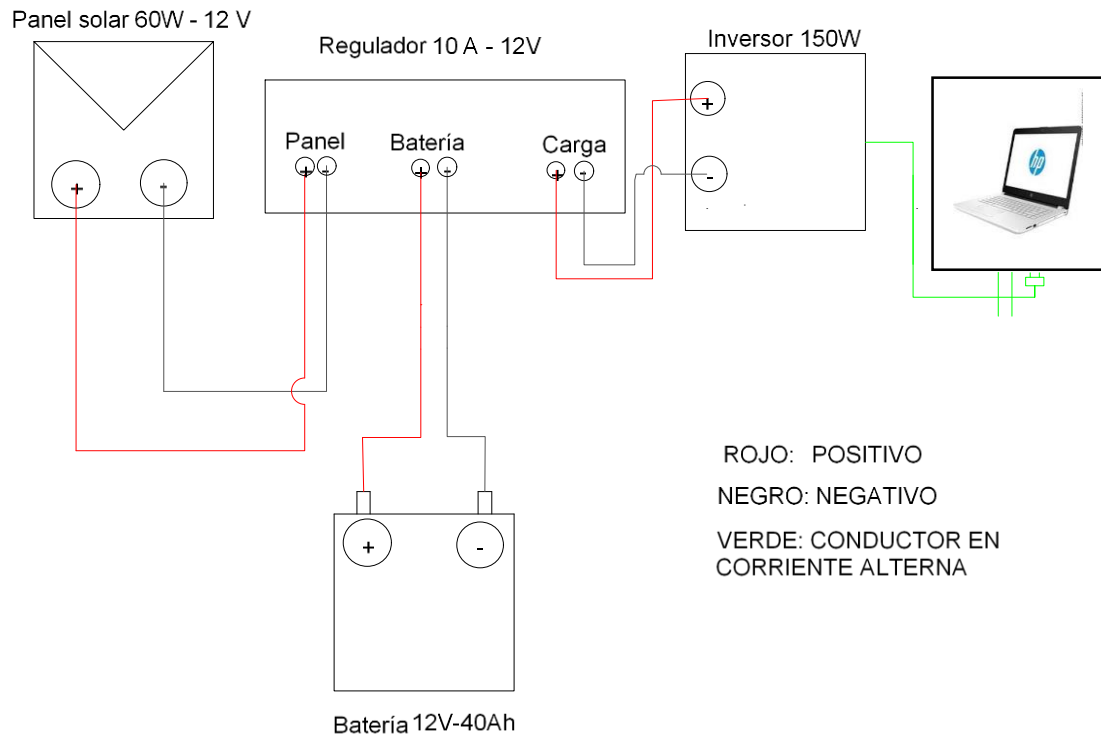


Figura 2. Topología de cargador solar prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Componentes del cargador solar prototipo utilizados

3.7.1. Panel solar

Para la construcción del cargador solar prototipo se ha utilizado un panel solar de 60 Wp, 12 V, poli cristalino, con las siguientes especificaciones técnicas en (Anexo 2).



Figura 3. Panel solar de 60 W_p.

3.7.2. Batería

Para almacenar la energía generada por el panel solar se utilizó una batería de 40 Ah, 12 V, sus especificaciones técnicas se muestran en (Anexo 2).



Figura 4. Batería de 40 Ah- 12 V.

3.7.3. Regulador o controlador de carga

Para este diseño se utilizó un regulador de carga de 10 A, con sus respectivas especificaciones técnicas (Ver Anexo 2).



Figura 5. Regulador de carga de 10 A.

3.7.4. Inversor

De acuerdo a los cálculos realizados anteriormente se seleccionó un inversor de 150 W, 12 V/220 V, 60 Hz, modelo EC-150 HUSB. Cuyas especificaciones se encuentran en (Anexo 2).



Figura 6. Inversor de 150 W, modelo EC-150 HUSB.

3.7.5. Conductores y Tomacorriente

Los conductores utilizados son de alambre de 1,5 mm², con una longitud de 4 m desde la salida del inversor hacia el tomacorriente doble BTICINO, instalado dicho conductor por dentro del tubo circular.



Figura 7. Tomacorriente.

3.8. Proceso de montaje del cargador

Considerando los cálculos de diseño anteriormente mencionados para ubicar e instalar adecuadamente los componentes del cargador solar prototipo para lograr así un buen funcionamiento, se tomó en cuenta lo siguiente:

3.8.1. Ubicación de la instalación

Para la selección de la mejor ubicación se tomó en cuenta que el lugar debe estar libre de sombras de árboles, edificios u otros obstáculos que dificulten la incidencia directa del sol, así como también que el lugar sea de fácil acceso para el mantenimiento, seguro donde no pueda ser robado, ni dañado o manipulado por terceras personas.

Con todas las condiciones anteriormente mencionadas y por ser un punto de libre tránsito y gran concurrencia de los estudiantes y administrativos, el cargador solar prototipo se instaló en el campus de la Universidad Nacional de Jaén al costado del comedor universitario dentro de las áreas verdes.

Para la instalación se emplearon materiales y herramientas adecuadas cuyos mangos tienen aislante eléctrico para evitar un accidente:



Figura 8. Materiales y herramientas utilizadas.

3.8.2. Instalación de la batería

Se instaló en un soporte de madera dentro de la caja rectangular, luego se conectó la batería hacia el regulador insertando los cables de acuerdo a su polaridad (rojo es positivo y blanco es negativo).



Figura 9. Conexión de batería al regulador.

3.8.3. Instalación del panel solar

Para instalar el panel solar se localizó dónde está el norte, luego se ubicó el panel orientado hacia este punto (norte) con un ángulo de 5° de acuerdo a la latitud, ya que es un lugar libre donde no se dificulta la incidencia directa del sol, así como también que el lugar es de fácil acceso y gran concurrencia de

estudiantes. Luego se conectó los terminales positivo y negativo del panel hacia el regulador de carga.



Figura 10. Conexión del panel solar al regulador.

3.8.4. Instalación del inversor

Se instaló dentro de la caja rectangular separado de los demás equipos por una lámina de madera, luego se conectó el inversor en las entradas del regulador.



Figura 11. Conexión del inversor con el regulador

3.8.5. Instalación de punto de carga

Se conectó de la salida del inversor hacia el punto de carga (tomacorriente doble) que está situado a un metro sobre el nivel del piso, sobre una lámina de madera.

El cargador solar prototipo ya está listo para la carga de baterías de teléfono celular y laptop, y así suministrar energía eléctrica alterna de 220 V.

3.9. Mantenimiento

El mantenimiento no es complejo ya que la instalación es fija y aislada. Se debe realizar una inspección visual en la que se verificará e inspeccionará los siguientes pasos que se detallan a continuación:

- Inspeccionar el buen estado del módulo, que el vidrio no se encuentre roto, con restos de animales y que la humedad no haya penetrado en su interior.
- Revisar el cableado, las conexiones, terminales y posibles daños en caja rectangular por corrosión.
- Verificar la limpieza de la batería, panel, regulador e inversor.
- Comprobar la caída de tensión entre terminales del regulador.
- Verificar el estado de tomacorriente (Valdiviezo,2014).

Tabla 12.

Costo de mantenimiento anual.

Descripción	Precio Unitario (S/.)	Cantidad	Subtotal (S/.)
Mano de obra	30	12 meses	360
Accesorios	40	-	40
TOTAL (S/.)			400

Fuente: Elaboración propia.

El costo estimado anual de mantenimiento es de S/. 400.

3.10. Presupuesto

Los componentes como panel, regulador, batería, inversor, cinta aislante, conductor eléctrico, tomacorriente fueron adquiridos en la empresa Distribuidora Comercial Nor Oriental EIRL en junio del 2019; estos costos pueden variar de acuerdo a la empresa donde se realice la compra de los equipos.

Tabla 13.

Presupuesto.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Subtotal (S/.)
Panel solar de 60 Wp	Unidad	1	300	300
Regulador de carga 10 A	Unidad	1	120	120
Batería 40 Ah	Unidad	1	350	350
Inversor 150 W	Unidad	1	130	130
Caja rectangular	Unidad	1	50	50
Estructura de Soporte	Global	1	150	150
Cimentación de estructura de soporte	Global	1	50	50
Lámina de melamina 44cm x 10cm	Unidad	1	10	10
Cinta aislante	Unidad	1	3	3
Conductor de alambre de 1,5 mm ²	Metros	8	1,50	12
Tomacorriente doble	Unidad	1	5	5
Herramientas (alicate,desarmador,etc.)	Global	1	30	30
Montaje electromecánico	Global	1	100	100
Transporte	Global	1	50	50
Total sin I.G.V.				1 360

Fuente: Elaboración propia

IV. RESULTADOS

La Tabla 14 muestra la comparación de incidencia de radiación solar promedio entre la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Jaén para los años 2016,2017 y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (National Aeronautics and Space Administration, NASA) para el 2018.

Tabla 14.

Variación porcentual de la radiación solar.

Mes	UNJ	NASA	Variación en %
Enero	4,52	4,13	9
Febrero	4,19	3,88	8
Marzo	4,16	4,19	1
Abril	5,02	4,24	18
Mayo	4,66	4,37	7
Junio	4,34	4,31	1
Julio	4,62	4,39	5
Agosto	5,11	4,65	10
Setiembre	5,21	4,91	6
Octubre	5,84	4,88	20
Noviembre	5,67	5,12	11
Diciembre	4,83	4,61	5
Promedio	4,84	4,47	8

Fuente: Elaboración propia. Datos NASA (2018) y estación meteorológica UNJ

Como se observa en Tabla 14 el mes con menor incidencia de radiación solar se da en febrero, por la cual, la implementación del cargador solar prototipo se diseñó con la menor radiación de 3,88 kWh/m²/día, según datos tomados de la National Aeronautics and Space Administration (NASA). Para así garantizar el suministro de energía necesaria en el mes más crítico.

La Tabla 15 muestra los resultados del dimensionamiento del cargador solar, la cual se utilizó un panel de 60 W, una batería de 40 Ah con una tensión nominal de 12 V para 1,5 días de autonomía, un regulador de carga de 10 A, 12 V, un inversor de 150 W con un voltaje de entrada en corriente continua de 12 V y un voltaje de salida de 220 V en corriente alterna, con una frecuencia de 60 Hz.

Tabla 1.

Descripción de componentes del cargador solar prototipo

Componentes	Cantidad
Panel solar de 60 W _p , 12 V	1
Regulador de carga 10 A, 12 V	1
Batería de 40 Ah, 12 V	1
Inversor de 150 W, 12 V/220 V, 60 Hz	1

Fuente: Elaboración propia

El cargador solar prototipo se construyó en una estructura de soporte de tubo circular de una pulgada y media por 0,9 mm de espesor de una longitud de 3 metros, en la parte superior se encuentra el soporte para el panel de 0,40 m de ancho \times 0,62 m de largo a un ángulo de 5 grados de inclinación, a 2,20 m de altura sobre el nivel del piso se ubicó una caja rectangular de 0,20 m de ancho \times 0,22 de alto por 0,40 de alto, la cual alberga los componentes, a un metro de altura se encuentra el punto de carga y junto a él una lámina de melamina de 0,44 m \times 0,10 m que funciona como lugar para la carga de un celular y una laptop, dicho cargador solar se instaló en el campus universitario al costado del comedor dentro del área verde proyectada, la cual cuenta con una cimentación de 0,20 m de ancho por 0,20 m de largo con una profundidad de 0,50 m más 0,10 m de solado cubierto por concreto.

Una vez instalado el cargador solar prototipo en el campus de la Universidad Nacional de Jaén se realizó las pruebas de funcionamiento el día 5 de julio del 2019. Dichas pruebas se realizaron con una laptop hp Core i7 y un teléfono celular Alcatel Onetouch conectados al mismo tiempo.

La primera prueba se realizó a las 9:00 am hasta 10:00 am, la segunda prueba inició a la 1:00 pm hasta 2:00 pm y la última prueba desde las 5:00 pm hasta 6:00 pm, (Ver Anexo 4).

dando como resultado el porcentaje de carga que a continuación se detalla en las siguientes tablas:

Tabla 16.

Porcentaje de carga de laptop hp Core i7.

N° Prueba	Hora de inicio	Hora fin	Tiempo de carga(min.)	Porcentaje de carga(%)
1	9:00am	10:00am	60	50
2	1:00pm	2:00pm	60	56
3	5:00pm	6:00pm	60	45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17.

Porcentaje de carga de un celular Alcatel Onetouch

N° Prueba	Hora de inicio	Hora fin	Tiempo de carga(min.)	Porcentaje de carga(%)
1	9:00am	10:00am	60	60
2	1:00pm	2:00pm	60	64
3	5:00pm	6:00pm	60	53

Fuente: Elaboración propia

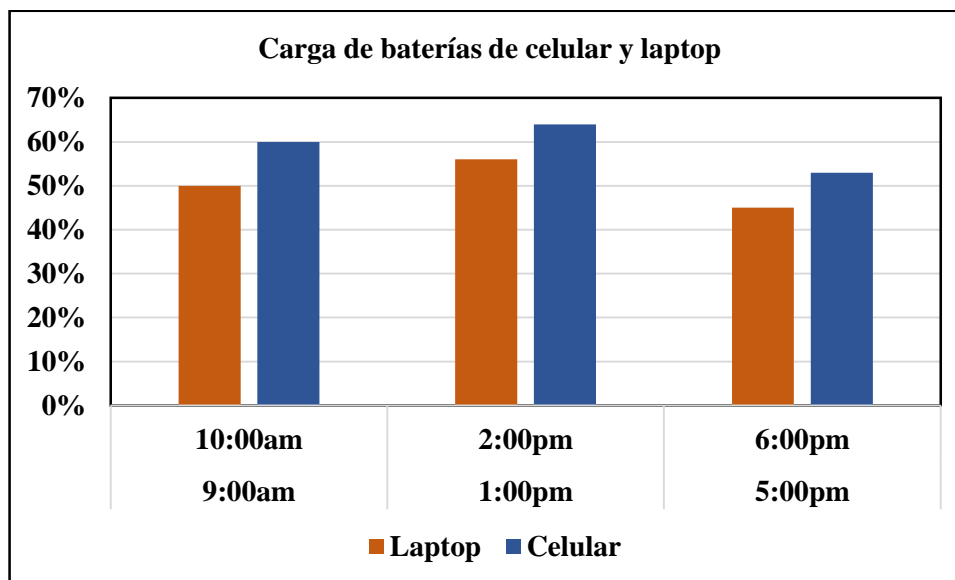


Figura 12. Carga de baterías de celular y laptop

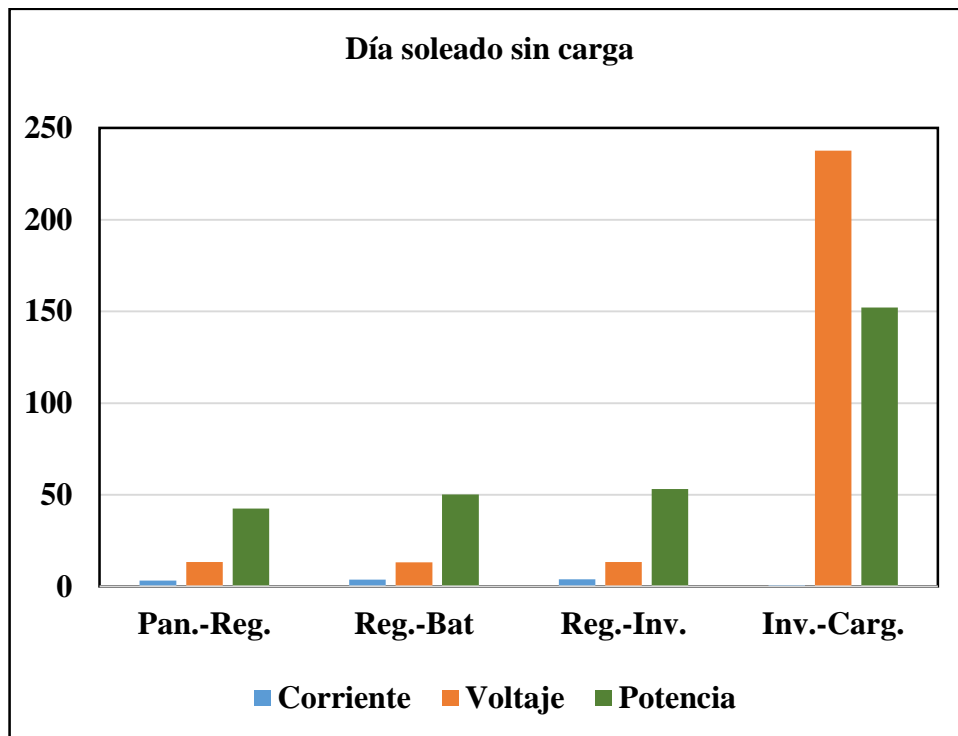
Fuente: Elaboración propia

Obteniendo como resultado una carga promedio del 50,33% durante una hora para una laptop y 59% para un celular.

Tabla 18.

Mediciones en un día soleado sin carga

Día soleado-sin carga						
Hora	Tramos	Corriente (A)	Voltaje (V)	Potencia (W)	Tipo de corriente	
11:00am	Panel-regulador	3,2	13,3	42,56	CC	
	Regulador-batería	3,8	13,2	50,16	CC	
	Regulador-inversor	4	13,3	53,2	CC	
	Inversor-carga	0,8	237,6	152,06	CA	



*Figura 13.*Medición de voltaje, corriente y potencia para un día soleado sin carga

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19.

Mediciones en un día soleado con carga

Día soleado-con carga					
Hora	Tramos	Corriente (A)	Voltaje (V)	Potencia (W)	Tipo de corriente
11:00am	Panel-regulador	4,2	12,8	53,76	CC
	Regulador-batería	3,8	12,4	47,12	CC
	Regulador-inversor	3,4	12,5	42,5	CC
	Inversor-carga	1,26	236,4	238,29	CA

Fuente: Elaboración propia

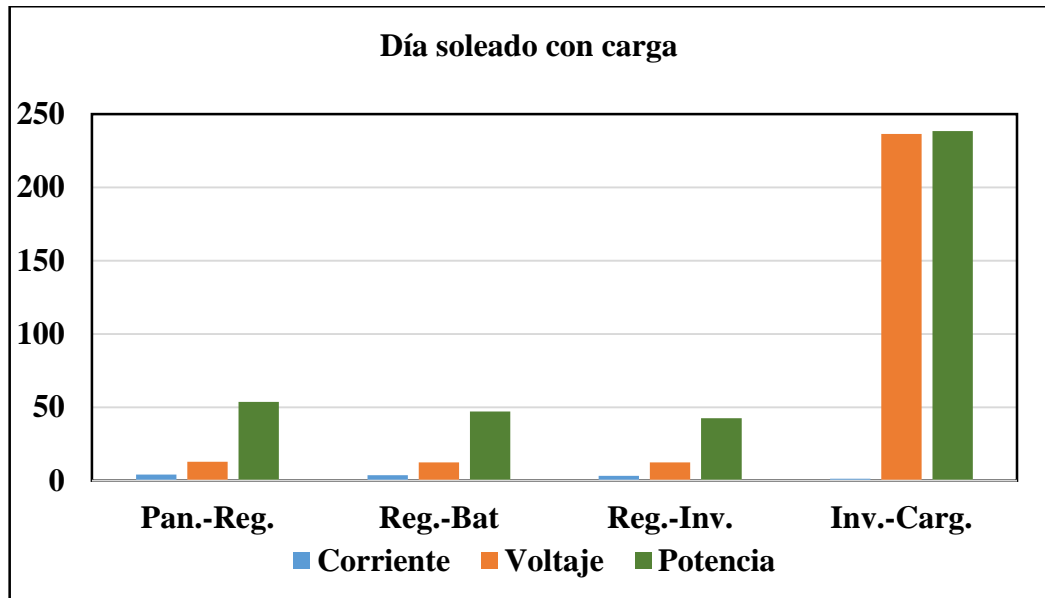


Figura 14. Medición de voltaje, corriente y potencia para un día soleado con carga

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20.

Mediciones en un día nublado sin carga

Día nublado-sin carga						
Hora	Tramos	Corriente (A)	Voltaje (V)	Potencia (W)	Tipo de corriente	
11:00am	Panel-regulador	1,2	13,4	16,08	CC	
	Regulador-batería	1,86	13,4	24,92	CC	
	Regulador-inversor	1,22	13,4	16,35	CC	
	Inversor-carga	0,15	239,4	28,73	CA	

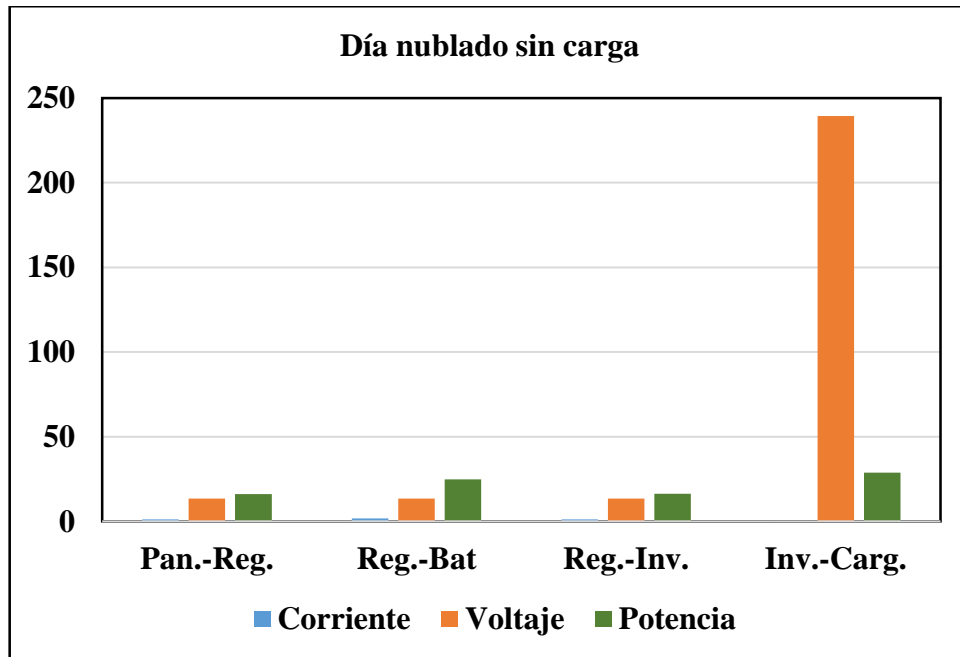


Figura 15. Medición de voltaje, corriente y potencia para un día nublado sin carga

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21.

Mediciones en un día nublado con carga

Día nublado-con carga						
Hora	Tramos	Corriente (A)	Voltaje (V)	Potencia (W)	Tipo de corriente	
	Panel-regulador	0,9	12,4	11,16	CC	
11:00am	Regulador-batería	4,16	12,5	52	CC	
	Regulador-inversor	4,88	12,5	61	CC	
	Inversor-carga	1,29	234	241,49	CA	

Fuente: Elaboración propia

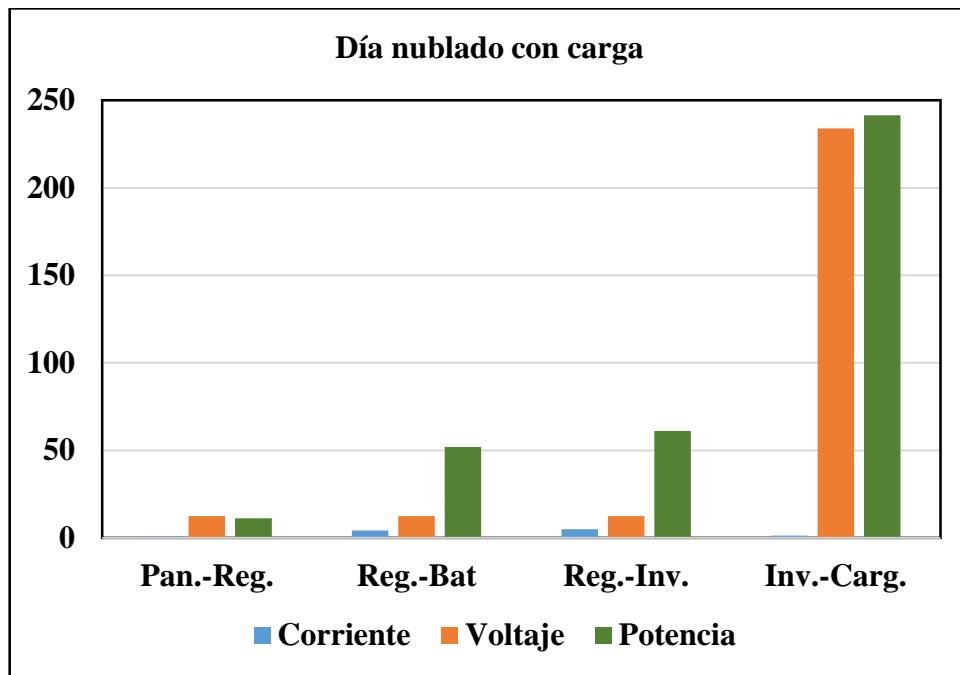


Figura 16. Medición de voltaje, corriente y potencia para un día nublado con carga

Fuente: Elaboración propia

Las tablas 18 a la 21 han sido realizadas con la medición en cada tramo del cargador solar utilizando un multímetro. Dichas mediciones se hicieron para día nublado total y día soleado donde se tomó nota del comportamiento de corrientes y voltajes para una hora establecida.

V. DISCUSIÓN

Con lo obtenidos anteriormente se acepta lo sostenido por Buitrago y Rubio (2015) el cual señalan que la radiación solar varía de acuerdo al lugar, en su trabajo de investigación obtiene una radiación mínima dada en el mes de mayo un mínimo de $3,92 \text{ kWh/m}^2$ y una radiación máxima en el mes de enero con $4,8 \text{ kWh/m}^2$ día, por tal razón para el diseño del cargador solar prototipo se realizó trabajando con las condiciones mínimas de radiación que se da en el mes de febrero con $3,88 \text{ kWh/m}^2$ día para satisfacer la demanda en el mes más crítico del año.

Con lo sostenido por Rufasto (2019) concordamos con lo expuesto en su trabajo donde concluye que para la obtención de resultados aún más favorables, se recomienda hacer un análisis detallado de las cargas de consumo, como también ser muy precisos en los tiempos de uso, para obtener con certeza la implementación de sistemas solares fotovoltaicos. Y así garantizar la demanda real de energía.

Los paneles o módulos fotovoltaicos se pueden instalar en terrazas, tejados, patios, ventanas, etc. Teniendo en cuenta que no debe existir obstáculos que pueda dar sombra (árboles, edificaciones cercanas, otros módulos, etc.) (MINEM, 2004), para tal propósito se instaló el cargador solar dentro de un área verde, ya que es zona de libre tránsito y de gran recurrencia por lo estudiantes y no hay ningún obstáculo para la captación de la máxima radiación solar.

Con lo establecido por Bautista (2018) aceptamos lo sostenido que el sol posee una elevada calidad energética limpia, no contaminante y renovable que permite usos variados y efectivos, es una fuente prácticamente inagotable y no necesita de mucho espacio para ser utilizada en sus aplicaciones térmica o fotovoltaica. La energía solar puede ser empleada de una forma muy fácil para la generación de energía eléctrica; además no requiere de sofisticadas medidas de seguridad, y no emite a la atmósfera gases de efecto invernadero.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Jaén es una zona apropiada para la implementación de sistemas fotovoltaicos autónomos ya que cuenta con una buena ubicación geográfica y con un clima apropiado para el correcto funcionamiento de los equipos instalados.
- En el diseño se concluye que el cargador solar prototipo, tendrá una capacidad de $60W_p$ y una tensión nominal del sistema de 12 V, para abastecer la máxima demanda del mes de menor radiación.
- La implementación de un cargador solar prototipo es de gran importancia para fomentar el uso de energías limpias amigables con el medio ambiente y así contribuir a la disminución de la contaminación ambiental.

RECOMENDACIONES

- Evitar sombras, obstáculos de cualquier tipo ya que esto disminuirá la energía diaria generada por el panel fotovoltaico.
- No conectar equipos de potencia superior a la del inversor, no hacer modificaciones en la instalación, dado que esta ha sido dimensionada específicamente para su uso de un celular y una laptop.
- Implementar módulos solares que cubra la demanda de energía en función de todos los estudiantes, administrativos, personal de apoyo, etc. en la Universidad Nacional de Jaén y en diferentes lugares apropiados de esta ciudad.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, L. de G. (2018). Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada. Recuperado http://oa.upm.es/52204/1/PFC_Jorge_Alvarado_L_de_Guevara.pdf.
- Bautista Alcántara, R.S. (2018). Rendimiento de sistema fotovoltaico de 500 Wp en estar estudiantil de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas Chachapoyas, Recuperado de: [http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1544/Bautista Alcántara Roicer Esmit.pdf? sequence=1&isAllowed](http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1544/Bautista_Alcántara_Roicer_Esmit.pdf?sequence=1&isAllowed).
- Buitrago, M., y Rubio, C. (2015). Diseño de un quiosco solar para recargar dispositivos electrónicos como alternativa de ahorro de consumo de energía en la Universidad Libre, sede bosque popular, Bogotá. (Vol. 151). Recuperado de <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>.
- Herbert, W. (2016). Municipalidad provincial de Jaén. *I*, 183.
- Jaime, A. M. (2007). Cálculo para líneas de conducción eléctricas. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/JaimeFelipeAlvaridoM/clculodelosconductoreselectricos483>.
- Mejía Vásquez, E.J. (2018). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica. Recuperado de: <http://repositorio.upa.edu.pe/handle/UPA/7?show=full>.
- MINEM.(2004). Reglamento Técnico “Configuración De Sistemas Fotovoltaicos Domésticos y Ensayos Recuperado de: http://cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/90bib_arch.pdf.
- OSINERGMIN(2018).Electricidad.Recuperadode:<http://www.osinergmin.gob.pe/noticias/electricidad/Calcula-cuanta-energia-electrica-consumen-tus-artefactos>.
- Rufasto Castro, J.C. (2019).Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de computo de la Universidad Nacional de Jaén. Recuperadode:http://m.repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/70/Rufasto_cj.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Valdiviezo Salas,P.D (2014).Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP.Recuperado de. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5447/valdiviezoau>.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Estructura de soporte del cargador solar prototipo

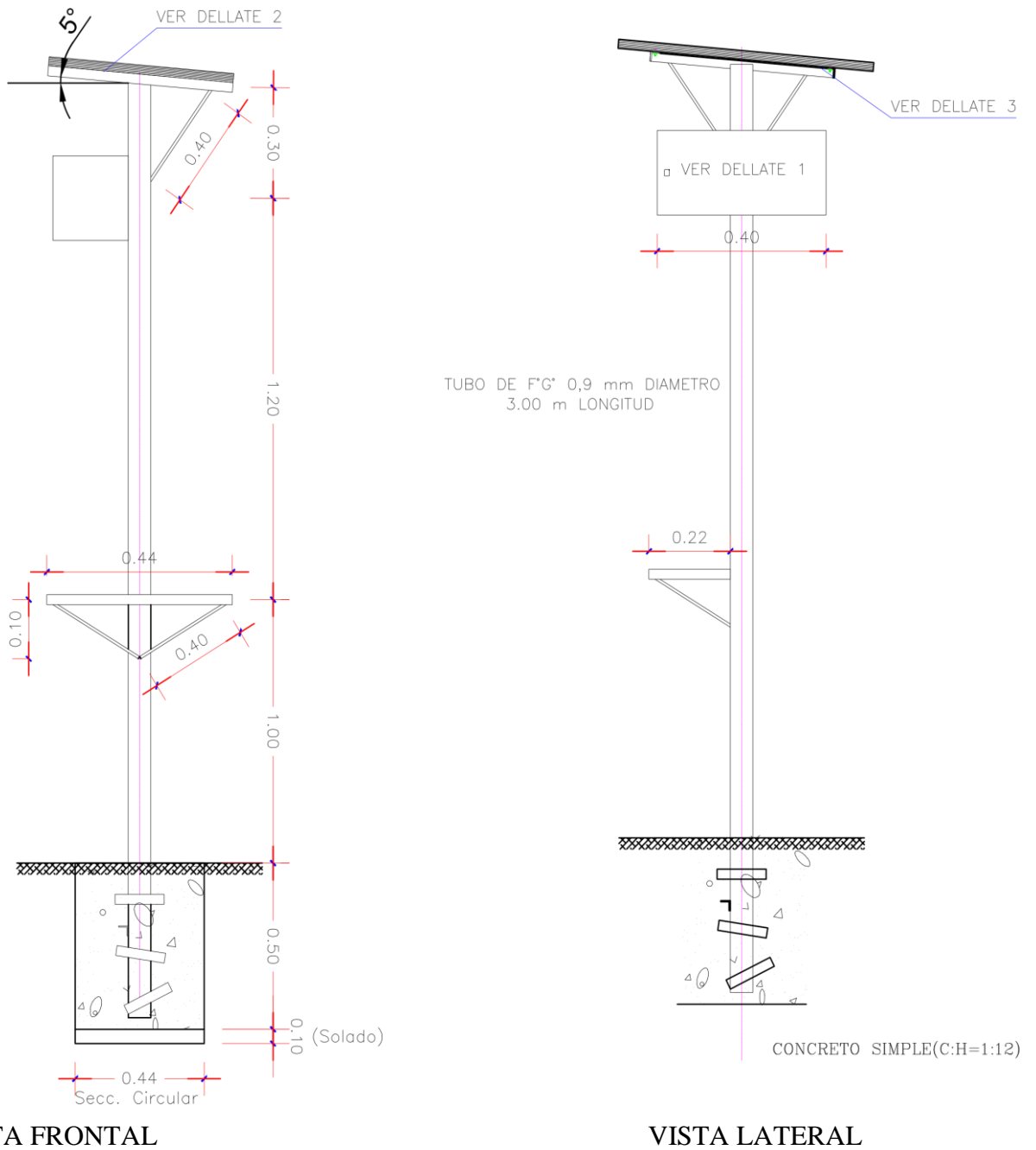
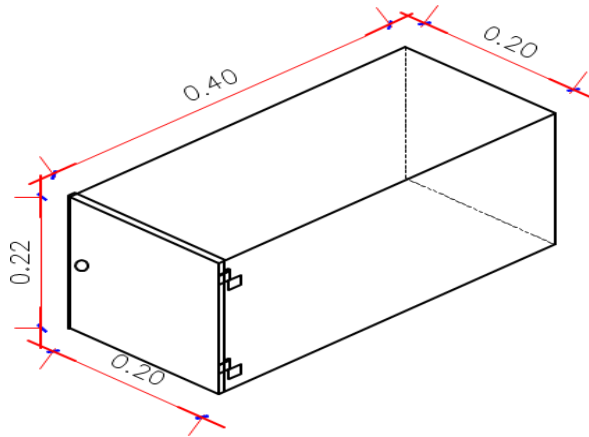


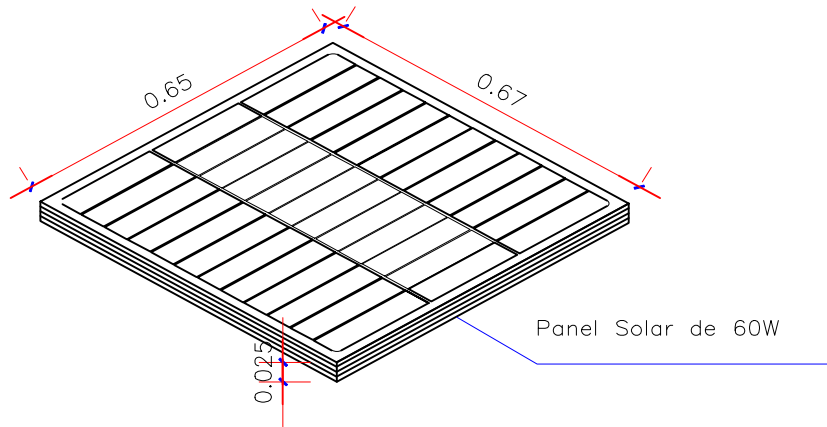
Figura 17. Estructura del cargador solar prototipo

Fuente: Elaboración propia

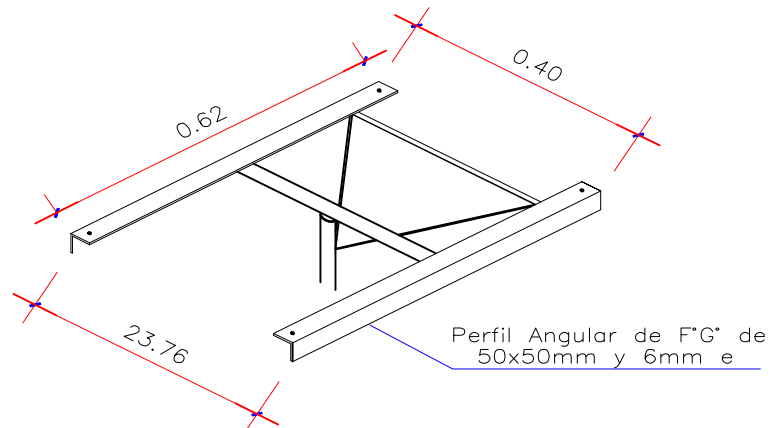
Láminas de Detalles:



DELLATE 1



DETALLE 2



DETALLE 3

Figura 18. Láminas de detalle

Anexo 2. Especificaciones técnicas de los componentes del cargador solar

Tabla 22.

Especificaciones técnicas del panel solar de 60 Wp.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PANEL SOLAR	
Potencia nominal	60 W
Tensión nominal	12 V
Modelo	Xr60 (Pro 3 KR) SIEMENS
Corriente de cortocircuito (I_{SC})	8,3 A
Tensión de circuito abierto (V_{OC})	21,7 V
Tensión máxima del sistema abierto	1000 V
Resistencia al fuego	Clase A
Año	2019

Tabla 23.

Especificaciones técnicas del regulador de carga.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL REGULADOR DE CARGA	
Modelo	DY2024
Voltaje del sistema	12 V
Corriente carga	10 A
Dimensiones	133 x 70 x 34 mm
Tensión máxima del sistema abierto	1000 V
Peso	155 g
Temperatura de funcionamiento	-35~+60 °C

Tabla 24.

Especificaciones técnicas de la batería

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BATERÍA	
Modelo	DURACOM PREMIUN
Voltaje	12 V
Capacidad	40 Ah

Tabla 25.

Especificaciones técnicas del inversor.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INVERSOR	
Potencia nominal	150 W
Tensión máxima	12 V _{CC} /220 V _{CA}
Modelo	EC-150 HUSB
Frecuencia	60 Hz
Tensión de salida	220 V
Voltaje de entrada	10-15 V /22 V-25 V

Anexo 3. Fotografías de construcción de la estructura de soporte



Figura 19. Realización de la soldadura del soporte de la laptop y celular.



Figura 20. Medición de inclinación de panel a 5°



Figura 21. Instalación de caja rectangular para alojar la batería, regulador e inversor.



Figura 22. Pintado del soporte



Figura 23. Instalación de los componentes del cargador solar prototipo



Figura 24. Izado de la estructura de cargador solar



Figura 25. Instalación del cargador solar prototipo

Anexo 4. Pruebas de funcionamiento



Figura 26. Verificación de carga de laptop hp core i7



Figura 27. Carga de baterías de laptop core i7 y celular Alcatel Onetouch



*Figura 28.*Cargador solar prototipo en funcionamiento