

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA
DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**RENDIMIENTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 500
Wp EN ESTAR ESTUDIANTIL DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE
AMAZONAS CHACHAPOYAS, AMAZONAS.**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR

Roicer Esmil Bautista Alcantara, Bach.

ASESOR

Miguel Ángel Barrena Gurbillón, Dr.

CHACHAPOYAS – PERÚ

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA
DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**RENDIMIENTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 500
W_p EN ESTAR ESTUDIANTIL DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE
AMAZONAS CHACHAPOYAS, AMAZONAS.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR

Roicer Esmil Bautista Alcantara, Bach.

ASESOR

Miguel Ángel Barrera Gurbillón, Dr.

CHACHAPOYAS – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A Dios por darme fuerzas para seguir adelante y ser mi guía en el camino al éxito.

A mis padres Domel Bautista y Marcela Alcantara; que a través de estos años de formación y apoyo incondicional me han inculcado el amor y la perseverancia por lograr mis objetivos recordándome día a día que con esfuerzo y dedicación todo obstáculo se vuelve posible.

A mis hermanos, familiares y amigos que gracias a ellos hicieron renacer en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

Roicer

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme vida y salud, por guiarme por el camino correcto que me permitió terminar el presente trabajo de investigación cumpliendo así con una de mis metas propuestas.

A mi Asesor: Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón, por su apoyo y orientaciones para la realización de la presente tesis.

Al Proyecto “Creación del Centro de Investigación en Climatología y Energías Alternativas” (PROCICEA) del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), por el apoyo logístico brindado para la presente tesis.

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, que me brindaron sus conocimientos para formarme profesionalmente.

De igual forma a mis familiares y amigos quienes me brindaron aprecio, cariño y apoyo en mi formación.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

Rector

Dr. MIGUEL ANGEL BARRENA GURBILLÓN

Vicerrector Académico

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

Vicerrectora de Investigación

Dr. OSCAR ANDRES GAMARRA TORRES

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

El docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM-A) que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada **“RENDIMIENTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 500 Wp EN ESTAR ESTUDIANTIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS CHACHAPOYAS, AMAZONAS”**, del tesista egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la UNTRM-A:

ROICER ESMIT BAUTISTA ALCANTARA

El docente de la UNTRM-A que suscribe, da el Visto Bueno al Informe Final de la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones para su posterior sustentación.

Chachapoyas, 03 de septiembre de 2018.

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN
Profesor Principal de la FICIAM-UNTRM-Amazonas

JURADO EVALUADOR

M. Sc. EFRAÍN MANUELITO CASTRO ALAYO

Presidente

Lic. JOSÉ LUIS QUISPE OSORIO

Secretario

M.Sc. MEREGILDO SILVA RAMIREZ

Vocal

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	iii
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS	iv
JURADO EVALUADOR	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. MARCO TEÓRICO	4
3.1 Antecedentes de la investigación	4
3.2 Bases Teóricas	6
3.3 Definición de términos básicos	9
IV. MATERIAL Y METODOS	10
4.1. Sistema fotovoltaico de 500 Wp	10
4.2. Diseño y ejecución de encuestas	16
V. RESULTADOS	17
VI. DISCUSIÓN	30
VII. CONCLUSIONES	33
VIII. RECOMENDACIONES	34
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
ANEXOS	39
Anexo 1. Esquema de instalación del sistema fotovoltaico de 100 Wp	39

Anexo 2. Planos del Estar Estudiantil	40
Anexo 3. Datos experimentales de la evaluación de los sistemas fotovoltaicos de 500 Wp	43
Anexo 4. Encuesta aplicada a los estudiantes que utilizaron el Estar Estudiantil.	50
Anexo 5. Resultados de encuesta aplicada a los estudiantes que utilizaron el Estar Estudiantil	51

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Combinación de un foco LED de 8 W, carga de batería de un teléfono celular y una laptop, durante el día soleado.	43
Tabla 2. Combinación de un foco LED de 8 W, carga de batería de un teléfono celular y una laptop, durante el día combinado.	43
Tabla 3. Combinación de un foco LED de 8 W, carga de batería de un teléfono celular y una laptop, durante el día nublado.	44
Tabla 4. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de un teléfono celular, durante el día soleado.	44
Tabla 5. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de un teléfono celular, durante el día combinado.	44
Tabla 6. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de un teléfono celular, durante el día nublado.	45
Tabla 7. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de una laptop, durante el día soleado.	45
Tabla 8. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de una laptop, durante el día combinado.	45
Tabla 9. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de una laptop, durante el día nublado.	46
Tabla 10. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de dos laptops, durante el día soleado.	46
Tabla 11. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de dos laptops, durante el día combinado.	46
Tabla 12. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de dos laptops, durante el día nublado.	47
Tabla 13. Combinación de un foco LED de 8 W, carga de las baterías de cuatro teléfonos celulares y dos laptops, durante el día soleado.	47

Tabla 14. Combinación de un foco LED de 8 W, carga de las baterías de cuatro teléfonos celulares y dos laptops, durante el día combinado.	48
Tabla 15. Combinación de un foco LED de 8 W, carga de las baterías de cuatro teléfonos celulares y dos laptops, durante el día nublado.	48
Tabla 16. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de las baterías de cuatro teléfonos celulares, durante el día Soleado.	48
Tabla 17. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de las baterías de cuatro teléfonos celulares, durante el día nublado.	49
Tabla 18. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de las baterías de cuatro teléfonos celulares, durante el día combinado.	50
Tabla 19. ¿De qué equipo electrónico ha cargado la batería?	51
Tabla 20. ¿Con cuánto de carga estaba la batería al inicio?	51
Tabla 21. ¿Qué tiempo ha puesto a cargar la batería?	51
Tabla 22. ¿Cuál es el porcentaje de carga de la batería de su equipo después del tiempo de carga?	51
Tabla 23. ¿Nivel de satisfacción del usuario del Estar Estudiantil?	51
Tabla 24. ¿Cree que el Estar Estudiantil es beneficioso para el medio ambiente?	52
Tabla 25. ¿Cree que el Estar Estudiantil se debe replicar en otras instituciones educativas?	52
Tabla 26. Recomendaciones o sugerencias para el Estar Estudiantil.	52
Tabla 27. Le gustaría tener un Estar Estudiantil en su Facultad.	52

ÍNDICES DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ficha técnica, caja de conexión con cables (terminal positivo y negativo) y superficie de captación de los paneles fotovoltaicos de 260 Wp.	10
Figura 2. Regulador de carga del sistema fotovoltaico.	10
Figura 3. Baterías e inversor del sistema fotovoltaico.	11
Figura 4. Ensamble del Estar Estudiantil.	11
Figura 5. Montaje de los paneles fotovoltaicos.	12
Figura 6. Conexión de las baterías al regulador de carga del sistema fotovoltaico.	13
Figura 7. Conexión de los paneles fotovoltaicos al regulador de carga del sistema Fotovoltaico.	13
Figura 8. Conexión del inversor al regulador de carga del sistema fotovoltaico.	14
Figura 9. Baterías, paneles fotovoltaicos e inversor conectados al regulador de carga del sistema fotovoltaico.	14
Figura 10. Prueba de funcionamiento del sistema fotovoltaico.	15
Figura 11. Foco LED de 8 W, carga de las baterías de laptops y teléfonos celulares	15
Figura 12. Radiación solar y potencia generada por el SFV versus tiempo en horas día, para un foco LED de 8 W, una laptop y un teléfono celular, en día soleado, combinado y nublado.	17
Figura 13. Radiación solar y potencia generada por el SFV versus tiempo en horas día, para un foco LED de 8 W y un teléfono celular, en día soleado, combinado y nublado.	18
Figura 14. Radiación solar y potencia generada por el SFV versus tiempo en horas día, para un foco LED de 8 W y una laptop; en día soleado, combinado y nublado.	19

Figura 15. Radiación solar y potencia generada por el SFV versus tiempo en horas día, para un foco LED de 8 W y dos laptops; en día soleado, combinado y nublado.	20
Figura 16. Radiación solar y potencia generada por el SFV versus tiempo en horas día, para un foco LED de 8 W, cuatro celulares y dos laptops; en día soleado, combinado y nublado.	21
Figura 17. Radiación solar y potencia generada del sistema versus tiempo en horas día, para un foco LED de 8 W cuatro celulares; en día soleado, combinado y nublado.	22
Figura 18. Carga de la batería de un teléfono celular, laptop y el funcionamiento de un foco LED en día nublado.	23
Figura 19. Carga de la batería de cuatro teléfonos celulares, dos laptops y el funcionamiento de un foco LED en día combinado.	24
Figura 20. Carga de la batería de cuatro teléfonos celulares, el funcionamiento de un foco LED en día soleado.	25
Figura 21. Empleo del sistema fotovoltaico como taller de enseñanza y para uso de los estudiantes.	26
Figura 22. ¿De qué equipo electrónico ha cargado la batería?	27
Figura 23. ¿Con cuánto de carga estaba la batería al inicio?	27
Figura 24. Tiempo que se ha puesto a cargar la batería del equipo.	28
Figura 25. Porcentaje de carga de la batería del equipo después del tiempo de carga.	28
Figura 26. Nivel de satisfacción del usuario del Estar Estudiantil.	29
Figura 27. Recomendaciones o sugerencias para el Estar Estudiantil.	29
Figura 28. Plano 1 del Estar Estudiantil.	40
Figura 29. Plano 2 del Estar Estudiantil.	41
Figura 30. Plano 3 del Estar Estudiantil.	42

RESUMEN

Las energías renovables son fuentes de energía limpias, inagotables y crecientemente competitivas. Se diferencian de los combustibles fósiles principalmente en su diversidad, abundancia y potencial de aprovechamiento en cualquier parte del planeta, pero sobre todo en que no producen gases de efecto invernadero causantes del cambio climático ni emisiones contaminantes. Una de ellas es la energía solar, pues la luz del sol se convierte directamente en electricidad a través de las células solares fotovoltaicas. En la UNTRM de Amazonas se instaló un sistema fotovoltaico (SFV) de 500 Wp para abastecer con energía eléctrica en 220 V al Estar Estudiantil, a través del circuito eléctrico para iluminación con un foco LED de 8 W y tres tomacorrientes dobles para cargar las baterías de teléfonos celulares o de laptops de los estudiantes. El SFV está constituido por dos paneles fotovoltaicos de 260 Wp cada uno, regulador de carga, dos baterías de gel 100 Amph cada una, inversor de carga de 600 W. El rendimiento del SFV alcanzó una máxima potencia en día soleado de 386,24 Wp (77,25 % de la potencia máxima), en día combinado 350,43 Wp (70,10 % Potmáx) y en día nublado 250,89 Wp (50,18 % Potmáx); lo que superó en todo momento lo necesario para cargar la batería de cuatro teléfonos celulares, dos laptops y el funcionamiento de un foco LED.

Palabras clave: Energías renovables, carga de baterías con energía solar, iluminación con energía solar.

ABSTRACT

Renewable energy sources are clean, inexhaustible and increasingly competitive energy. They differ from fossil fuels mainly in its diversity, abundance and potential use anywhere in the world, but especially in that do not produce greenhouse gases that cause climate change and emissions. One is solar energy, as sunlight is converted directly into electricity through photovoltaic solar cells. In UNTRM Amazonas a photovoltaic system (PVS) 500 Wp was installed to supply electrical energy at 220 V to Student Work Table through the electric circuit for lighting a LED bulb 8 W and three double outlets for charging cell phones or laptops for students. SFV consists of two photovoltaic panels 260 Wp each one, charge controller, two batteries 100 Amph gel, inverter load of 600 W. The PVS yield reached a maximum power in sunny day 386,24 Wp (77,25% of maximum power), on day combined Wp 350,43 (70,10% máxp) and cloudy day Wp 250,89 (50,18% máxp); which exceeded at any time the need to charge the battery of four cell phones, two laptops and operation of a LED bulb.

Keywords: renewable energy, battery charging with solar energy, solar-powered lighting.

I. INTRODUCCIÓN

Los recursos energéticos en sus diversos tipos, son uno de los factores más importantes para el desarrollo tecnológico de un país, los mismos que se utilizan para satisfacer las necesidades de las personas. Los combustibles fósiles al principio se consideraban recursos ilimitados y su impacto ambiental era menospreciable; sin embargo, ante el crecimiento de la población mundial, nacional y regional, se está agotando dicha fuente de energía que es utilizada para motores de vehículos u otros, o bien para generar energía eléctrica; esto ocasiona la “Crisis Energética”.

En dos décadas, la utilización de petróleo crudo aumentó en casi un 32%, el gas natural en un 63%, y el consumo de carbón en un sorprendente 78% (BP Statistical Review of World Energy, multiple years). La mayor parte de la utilización de energía (40%) está relacionada con los combustibles fósiles (Caliskan, 2017), lo cual ha contribuido a la escasez de esta fuente de energía y a un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera contribuyendo al fenómeno del calentamiento global (Gonçalves & Simões, 2017).

Las razones pueden ser muchas: aumento del consumo de energía eléctrica debido al constante crecimiento, tanto del sector residencial, como del sector industrial, quienes son los que demandan la mayor cantidad de energía, aumento del parque automotriz, agotamiento de recursos naturales como el agua dulce. Para limitar los efectos del calentamiento global del actual sector de electricidad dependiente de fósiles y simultáneamente satisfacer la demanda de electricidad significativamente creciente, se están realizando varias opciones como el desarrollo de sistemas de energías renovables de gran capacidad (Singh *et al.*, 2012).

La energía renovable está en el centro de la transición hacia un sistema energético limpio, menos intensivo en carbono y más sostenible. Las energías renovables han crecido rápidamente en los últimos años, acompañadas de fuertes reducciones de costos para la energía solar fotovoltaica y la energía eólica en particular. El 30% de la electricidad mundial se puede producir a partir de energía eólica y solar fotovoltaica a largo plazo, sin aumentar el costo total de alcanzar un futuro con bajas emisiones de carbono (AIE, 2017). La producción de electricidad a partir de la energía solar se ha vuelto muy popular en los últimos años debido al aumento de la eficiencia de las tecnologías y se considera la

solución probable para el futuro suministro de energía sostenible y el desarrollo del medio ambiente (Burhan *et al.*, 2017)

Los estudiantes de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM) emplean teléfonos celulares y laptops, cuyas baterías generalmente son recargadas al conectar dichos artefactos a la red eléctrica de la UNTRM ocasionando un incremento en la facturación mensual que paga la Universidad. Para reducir este costo y brindar a los estudiantes una alternativa ecológica para cargar la batería de sus equipos, en la presente investigación se evaluó el recurso solar disponible en la UNTRM encaminado a establecer un sistema de generación de energía eléctrica para un Estar Estudiantil ubicado en el patio principal del Pabellón de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar el rendimiento del sistema fotovoltaico de 500 Wp en Estar Estudiantil de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas, Amazonas.

2.2. Objetivos específicos

- Instalar un sistema fotovoltaico constituido por dos paneles fotovoltaico de 260 Wp cada uno, regulador de carga, dos baterías de 100 Amph, inversor de carga de 600 W y circuito eléctrico; para abastecer con energía eléctrica en 220 V al Estar Estudiantil del patio principal del Pabellón de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Registrar el tiempo de funcionamiento de combinaciones de focos y carga de batería de teléfonos celulares y laptops en conjunto; en días soleados, nublados y combinados.
- Socializar una propuesta de uso de la energía eléctrica generada.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes de la investigación

Los sistemas fotovoltaicos son una de las soluciones más eficientes a la creciente crisis energética de las últimas décadas. La implementación de estos sistemas será viable económicamente en la mayoría de los casos, debido a la extensa cantidad de ventajas que estos exhiben (Herrera *et al.*, 2013). Los paneles fotovoltaicos convierten la energía de la radiación solar directamente en energía eléctrica con una buena eficiencia de conversión, no tienen piezas mecánicas o móviles y se consideran un candidato importante para obtener energía del sol (Bayrak *et al.*, 2017); pero dependen de los elementos que componen el sistema y de los parámetros medioambientales (sombra, polvo, humedad, radiación solar, velocidad del viento y temperatura ambiente) que influyen su funcionamiento (Bayrak *et al.*, 2017; Obando & Vargas, 2016).

Flores & Domínguez (2017), concluyeron que el voltaje no varía significativamente con el cambio de la irradiancia, es necesario oscurecer de forma considerable para que el voltaje se vaya a un valor de cero. La corriente si varía significativamente con la irradiancia, de hecho es el factor que determina la potencia generada, debido a que el voltaje permanece casi constante. En días nublados la eficiencia para un sistema móvil y un sistema fijo es muy similar, y es debido a que a ambos solo les llega radiación difusa y no directa. La generación en condiciones normales de irradiancia (no nublado) es aproximadamente un 20% más de energía para el sistema móvil.

La implementación con baterías genera una mayor ganancia económica, la rentabilidad del sistema en general se condiciona con la inversión realizada en las baterías, tanto en su magnitud como en el número de veces que sea necesario realizarla, tomando como referencia el tiempo de vida de los paneles. Independientemente del tipo específico de arreglo, ya sea solo paneles o paneles más sistema de almacenamiento, se comprueba mediante el estudio financiero, que la viabilidad económica de la implementación de un sistema fotovoltaico, basado en que las ganancias netas superan ampliamente la inversión inicial tomando 20 años que indican la vida útil aproximada de los paneles (Herrera *et al.*, 2013).

Es económicamente viable introducir nuevas alternativas de generación de energía eléctrica a partir de sistemas fotovoltaicos conectados a red. Las inversiones se pueden abaratar aprovechando los sistemas de transformación y distribución de las subestaciones existentes, proponiendo una nueva visión con la explotación de la energía renovable, como alternativa viable de desarrollo energético (Giraudy *et al.*,2013).

Muñoz (2005), realizó el cálculo de paneles y baterías para una casa rural ampliada, instalando dos lámparas fluorescentes de 15 W, una radiograbadora de 10 W, un televisor de 60 W y una refrigeradora de 48 W de potencia. El uso total al día de cada equipo fue de: lámparas fluorescentes 4 horas/día, radiograbadora 4 horas/día, televisor 2 horas/día y para la refrigeradora 24 horas/día, la energía total consumida fue de 1552 Wh/día. Concluyendo la utilización de 4 paneles de 110 W que producen con 3,5 horas sol/día 385 Wh/día y 3,45 baterías estacionarias de 12 V 150 Amph con una reserva o respaldo de 3 días.

De la Cruz (2014), realizó el cálculo de un panel, una batería y un controlador para viviendas altoandinas de las localidades de Yanacancha y San José de Quera, Perú; donde la radiación solar es casi continua permaneciendo unos 5,8 a 5,9 horas picos al día. Del proceso de dimensionado de los componentes que se hizo en base a los requerimientos de iluminación, resultó la elección de: un panel fotovoltaico de 85 Wp, una batería de 60 Amph, un controlador de carga de 10 A y conductores eléctricos de calibre AWG 12 y 10; lo cual arrojó un resultado promedio de generación de energía eléctrica que oscila entre 40,37 Wh y 48,55 Wh.

Según Ramgolam & Soyjaudah (2017), la curva de producción mensual promedio de energía eléctrica siguió la misma tendencia que la radiación horizontal global incidente. La relación de rendimiento se evaluó durante la estación seca de invierno y se observó que disminuye con la disminución de la insolación incidente y la acumulación de partículas de polvo en la superficie de los paneles fotovoltaicos.

3.2. Bases teóricas

Cambio climático

Según el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España (2016), cambio climático es la variación global del clima de la Tierra. Es debido a causas naturales y también a la acción del hombre y se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc. El término "efecto de invernadero" se refiere a la retención del calor del Sol en la atmósfera de la Tierra por parte de una capa de gases en la atmósfera. Sin ellos la vida tal como la conocemos no sería posible, ya que el planeta sería demasiado frío. Entre estos gases se encuentran el dióxido de carbono, el óxido nitroso y el metano, que son liberados por la industria, la agricultura y la combustión de combustibles fósiles. El mundo industrializado ha conseguido que la concentración de estos gases haya aumentado un 30% desde el siglo pasado, cuando, sin la actuación humana, la naturaleza se encargaba de equilibrar las emisiones.

Energías renovables

Las energías renovables proceden de fuentes naturales que son inagotables, tales como las energías procedentes de fuentes como el sol, el aire, el agua, biomasa, etcétera; a pesar de ello, son utilizadas. La constante y creciente contaminación en el medio ambiente ha hecho que durante los últimos años sus recursos hayan mermado de manera considerable peligrando su continuidad y no sólo eso, sino que muchas especies animales han muerto, así como el peligro que amenaza a la conservación de la tierra y a nuestra propia especie (Erenovable, 2017); por lo que es una alternativa amigable con el medio ambiente es el empleo de las fuentes de energía renovable están en todo nuestro alrededor: agua, viento, sol, etc., cada día más personas las utilizan como parte de su vida diaria. Las utilizamos para calentar nuestros hogares en épocas frías, para operar nuestros electrodomésticos, ducharnos con agua caliente, irrigar campos con agua para agricultura, etc. (Solar Energy, 2016).

Energía Solar

Se denomina energía solar a la energía radiante producto de las reacciones nucleares de fusión que ocurren en el sol y que llegan a la tierra en forma de fotones, los

mismos que pueden ser aprovechados para la generación de energía eléctrica (López, 2016).

La energía solar fotovoltaica es una tecnología que genera corriente continua (potencia medida en Watt o kiloWatt) por medio de semiconductores cuando éstos son iluminados por un haz de fotones. Mientras la luz incide sobre una célula solar, que es el nombre dado al elemento fotovoltaico individual, se genera potencia eléctrica; cuando la luz se extingue ya no se genera electricidad. Las células solares no necesitan ser cargadas como las baterías. Algunas células solares vienen manteniéndose en operación terrestre o en el espacio desde hace 30 años (Grupo NAP, 2007).

La energía solar se transforma en la naturaleza en otras formas de energía, como biomasa y energía eólica, pero también se puede transformar a otras formas de energía como calor y electricidad. Las aplicaciones más difundidas en Colombia son el calentamiento de agua para uso doméstico, industrial y recreacional (calentamiento de agua para piscinas) y la generación de electricidad a pequeña escala. Otras aplicaciones menos difundidas son el secado solar de productos agrícolas y la destilación solar de agua de mar u otras aguas no potables (Rodríguez, 2009).

Efecto fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico es producto de paquetes de fotones provenientes de la luz que proporcionan la energía suficiente para desprender o liberar electrones libres de un metal fotosensible (Márquez, 2011).

Conversión de la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica. Para llevar a cabo esta conversión se utilizan las células solares, constituidas por materiales semiconductores en los que artificialmente se ha creado un campo eléctrico constante (Sánchez, 2016)

Paneles Fotovoltaicos

El panel o modulo fotovoltaico es la unión de un número determinado de células fotovoltaicas, conectadas entre sí y montadas en un soporte. El número de células, y

por ende el tamaño del panel, dependerá de la tensión y corriente requeridas por la carga (Grupo NAP, 2007).

Los paneles fotovoltaicos: están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Las celdas a veces son llamadas células fotovoltaicas, del griego "fotos", luz. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía luminosa produce cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente. Silicio cristalino y arseniuro de galio son la elección típica de materiales para celdas solares. Los cristales de arseniuro de galio son creados especialmente para uso fotovoltaico, mientras que los cristales de silicio están disponibles en lingotes estándar más baratos producidos principalmente para el consumo de la industria microelectrónica. El silicio policristalino tiene una menor eficacia de conversión, pero también menor coste (Ospino & Isaza, 2012).

Los paneles fotovoltaicos consisten en una red de células conectadas como circuito en serie para aumentar la tensión de salida hasta el valor deseado (usualmente se utilizan 12V a 36V) a la vez que se conectan varias redes como circuito paralelo para aumentar la corriente eléctrica que es capaz de proporcionar el dispositivo. La eficiencia de conversión media obtenida por las células disponibles comercialmente (producidas a partir de silicio monocristalino) está alrededor del 16%. La vida útil media a máximo rendimiento se sitúa en torno a los 25 años, período a partir del cual la potencia entregada disminuye. El tipo de corriente eléctrica que proporcionan es corriente continua, por lo que si necesitamos corriente alterna o aumentar su tensión, tendremos que añadir un inversor y/o un convertidor de potencia (Energiza, 2016).

Los paneles, módulos o colectores fotovoltaicos están formados por dispositivos semiconductores tipo diodo que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas y aptas para alimentar pequeños dispositivos electrónicos. A mayor escala, la corriente eléctrica continua que proporcionan los paneles fotovoltaicos se puede transformar en corriente alterna e inyectar en la red eléctrica (Fernández, 2015).

3.3. Definición de términos básicos

Irradiancia

Es la radiación solar que llega a la Tierra, mide la energía por unidad de tiempo, es decir potencia, que incide sobre una superficie dada y se mide en W/m^2 . EN cielo despejado tiene un valor de $1000 \text{ W}/\text{m}^2$ (Instituto Aragonés del Agua, 2015)

Día soleado

Día con presencia visible del sol, por lo que predomina la radiación solar directa. En Chachapoyas, Amazonas, se pueden alcanzar picos promedio de radiación solar entre 800 a $1000 \text{ W}/\text{m}^2$ (Vigo y Trigoso, 2012; Montenegro, 2013).

Día nublado

Día con nula presencia visible del sol, por lo que únicamente se dispone de la radiación solar difusa. En Chachapoyas, Amazonas, en este tipo de día se pueden alcanzar picos promedio de radiación solar entre 300 y menos de $600 \text{ W}/\text{m}^2$ (Vigo y Trigoso, 2012; Montenegro, 2013).

Día combinado

Día con presencia visible del sol promedio entre soleado y nublado. En Chachapoyas, Amazonas, en este tipo de día se pueden alcanzar picos promedio de radiación solar entre 600 y menos de $800 \text{ W}/\text{m}^2$ (Vigo y Trigoso, 2012; Montenegro, 2013).

Sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico es el conjunto de varios componentes eléctricos con el fin de completar una demanda energética determinada por el tipo de carga, donde el componente generador captura la radiación que llega a la superficie y la transforma en energía eléctrica para su posterior aprovechamiento. Además de los paneles fotovoltaicos, un sistema de generación fotovoltaica está compuesto por distintos accesorios que complementan el sistema y aportan al correcto funcionamiento del mismo como el banco de baterías, el regulador de carga y el inversor (López, 2016).

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Sistema fotovoltaico de 500 Wp

Se empleó un sistema fotovoltaico de 500 Wp independiente de la red, constituido por:

- Dos paneles fotovoltaicos de 260 Wp cada uno, del tipo policristalino cuyas medidas son 1,65 m de largo x 0,99 m de ancho x 0,035 m de espesor.



Figura 1. Ficha técnica, caja de conexión con cables (terminal positivo y negativo) y superficie de captación de los paneles fotovoltaicos de 260 Wp.

- Un regulador de carga de 25 Amperios.



Figura 2. Regulador de carga del sistema fotovoltaico.

- Dos baterías de 12 V cada uno y 100 Amph con gelificante por lo que no requiere mantenimiento y un inversor de 600 W. Convierte la energía eléctrica de 12 V continua a 220 V alterna.

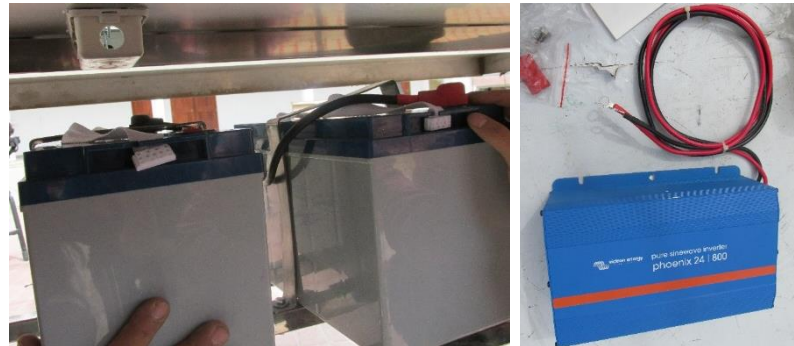


Figura 3. Baterías e inversor del sistema fotovoltaico.

Para instalar el sistema fotovoltaico se ensambló el Estar Estudiantil (Figura 5 a la 8), construido en base a los planos que se muestran en el Anexo 1. Tiene estructura de tubos y plancha de acero inoxidable, con una mesa de 2 m x 1 m y 0,80 m de altura, en cuyo tablero tiene tres tomacorrientes dobles; cuenta con tres sillas a ambos lados de la mesa, techo a dos aguas con inclinación de 25° y cobertura de onduline; debajo del tablero de la mesa tiene un soporte para las baterías, inversor, regulador de carga y llaves termomagnéticas de seguridad para el sistema fotovoltaico.



Figura 4. Ensamble del Estar Estudiantil.

También, se instaló el circuito eléctrico en el Estar Estudiantil, para que tengan iluminación con un foco LED de 8W instalado debajo del techo y se conectó los tres

tomacorrientes dobles del tablero de la mesa para cargar la batería de teléfonos celulares o laptops. Los paneles fotovoltaicos se fijaron sobre el techo del Estar Estudiantil, con el lado sur levantado 25° para compensar la curvatura terrestre y maximizar la captación de la radiación solar (Figura 6). Se empleó cable 12 AWG negro para conectar el panel fotovoltaico con el regulador de carga. Para el ensamble del sistema fotovoltaico y la instalación del circuito eléctrico, se emplearon herramientas adecuadas cuyos mangos tienen aislante eléctrico apropiado para evitar un shock eléctrico al operador y además se contó con el apoyo de un Ingeniero Mecánico Eléctrico.



Figura 5. Montaje de los paneles fotovoltaicos.

El sistema fotovoltaico se ensambló de la siguiente manera:

- a) Se conectó las dos baterías en serie para que reciban y almacenen la energía eléctrica continua en 24 V generada por los dos paneles fotovoltaicos, el cable positivo y el cable negativo se conectaron al regulador de carga, insertando los cables 12 AWG al pie del símbolo de batería del regulador, de acuerdo a su polaridad: rojo es positivo y negro negativo. En la pantalla del regulador se encendió el símbolo de la batería.

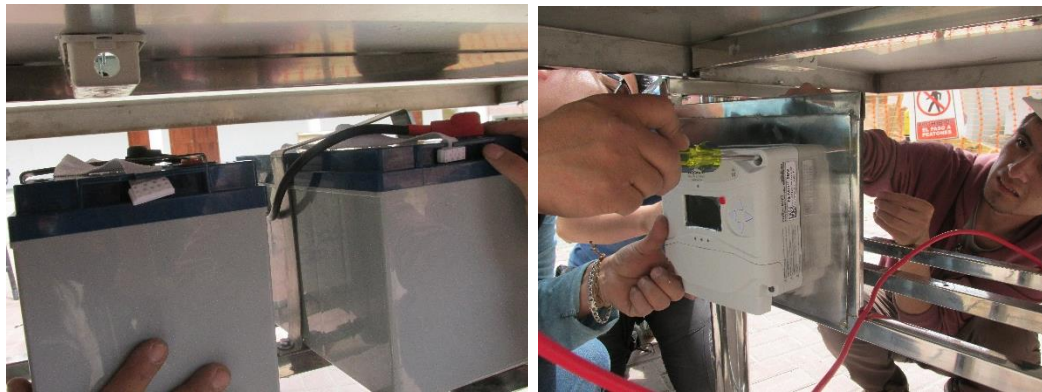


Figura 6. Conexión de las baterías al regulador de carga del sistema fotovoltaico.

- b) Luego, se conectó los dos paneles fotovoltaicos en serie para que generen 24 V y los terminales positivo y negativo se conectaron al mismo regulador de carga, insertando los cables al pie del símbolo de panel del regulador, de acuerdo a su polaridad: rojo es positivo y negro negativo.



Figura 7. Conexión de los paneles fotovoltaicos al regulador de carga del sistema Fotovoltaico.

- c) Luego se conectó el regulador de carga con el inversor, insertando los cables al pie del símbolo de carga (foco) del regulador, de acuerdo a su polaridad: rojo es positivo y negro negativo.

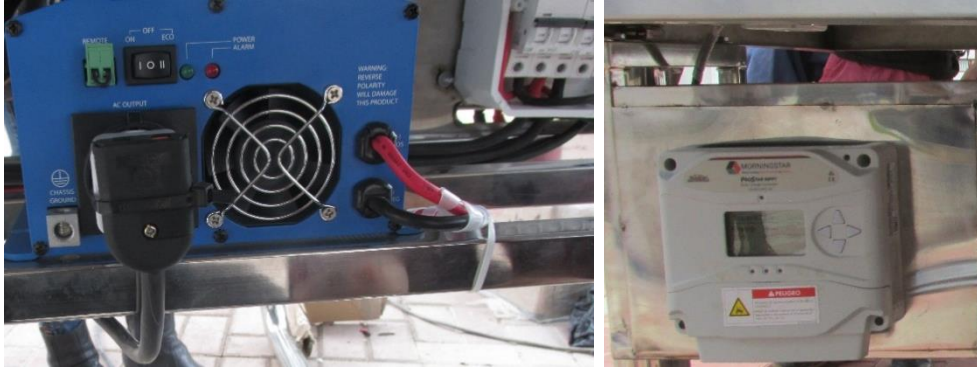


Figura 8. Conexión del inversor al regulador de carga del sistema fotovoltaico.

- d) El sistema fotovoltaico quedó listo para cargar la batería y suministrar energía eléctrica alterna de 220 V al Estar Estudiantil.

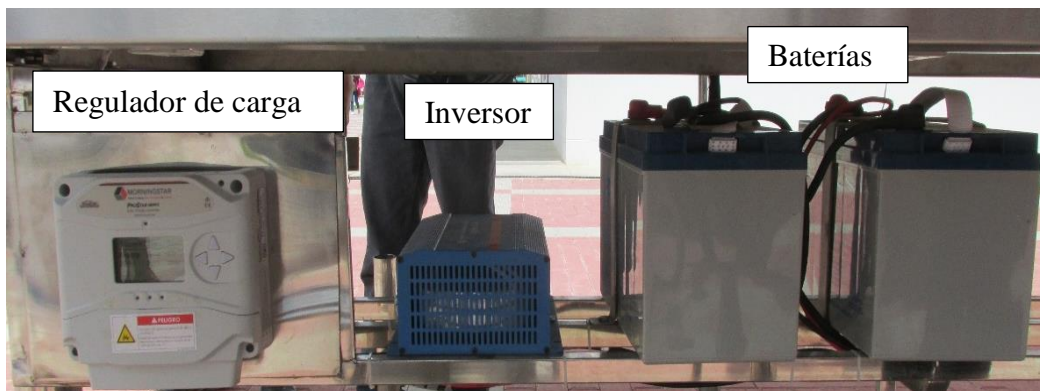


Figura 9. Baterías, paneles fotovoltaicos e inversor conectados al regulador de carga del sistema fotovoltaico.



Figura 10. Prueba de funcionamiento del sistema fotovoltaico.

Se evaluó el rendimiento del sistema fotovoltaico del Estar Estudiantil, expresado en horas para el funcionamiento de foco LED de 8 W, carga de las baterías de teléfonos celulares y de laptops, para hacer las sugerencias de uso en conjunto y en las siguientes combinaciones:

- Un foco LED de 8 W y carga de batería de un teléfono celular.
- Un foco LED de 8 W y carga de batería de una laptop.
- Un foco LED de 8 W, carga de batería de un teléfono celular y carga de batería de una laptop.
- Un foco LED de 8 W y carga de batería de cuatro teléfonos celulares.
- Un foco LED de 8 W y carga de batería de dos laptops.
- Un foco LED de 8 W, carga de batería de cuatro teléfonos celulares y carga de batería de dos laptops.



Figura 11. Foco LED de 8 W, carga de las baterías de laptops y teléfonos celulares.

4.2. Diseño y ejecución de encuestas

A partir de una encuesta piloto y con la ayuda del Dr. Manuel Emilio Milla Pino se realizó la encuesta definitiva en el que se agregaron preguntas relacionadas estrictamente con el tema ambiental, la utilización del Estar Estudiantil y la importancia de este proyecto (Anexo 04); en total fueron 40 encuestas aplicadas a estudiante que utilizaron el Estar Estudiantil; con el objetivo de socializar el proyecto.

V. RESULTADOS

Las evaluaciones del sistema fotovoltaico (SFV) del Estar Estudiantil se realizaron de día (Figura 12 a 16) por ser las horas de mayor demanda por los usuarios y para determinar la potencia generada por el sistema en función de la radiación solar. Se terminó el registro de datos cuando la carga de las baterías de teléfonos celulares y laptops estuvo al 100%, junto con el funcionamiento de un foco led de 8 W.

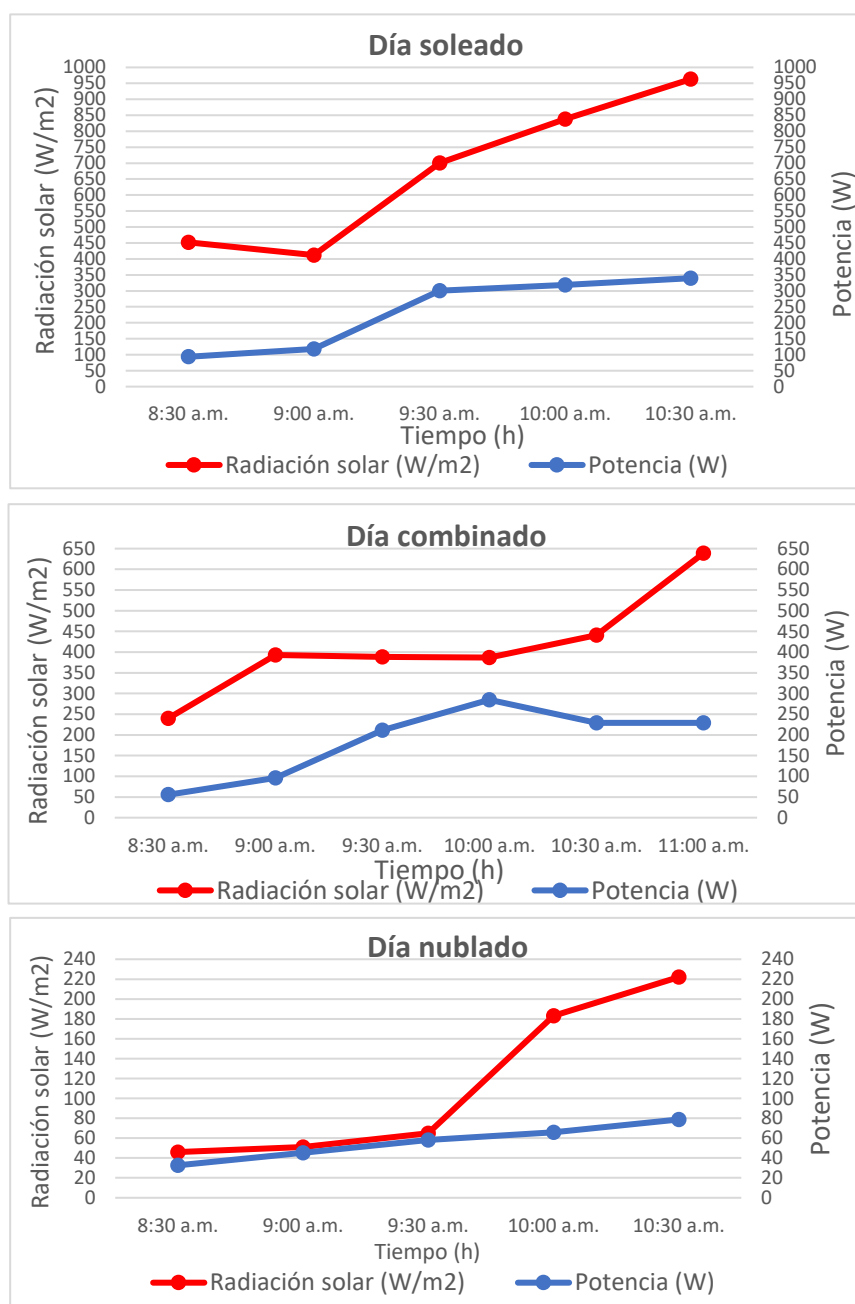


Figura 12. Radiación solar y potencia generada por el SFV versus tiempo en horas día, para un foco LED de 8 W, una laptop y un teléfono celular, en día soleado, combinado y nublado. (Fuente: Anexo 3, Tabla 1, 2 y 3).

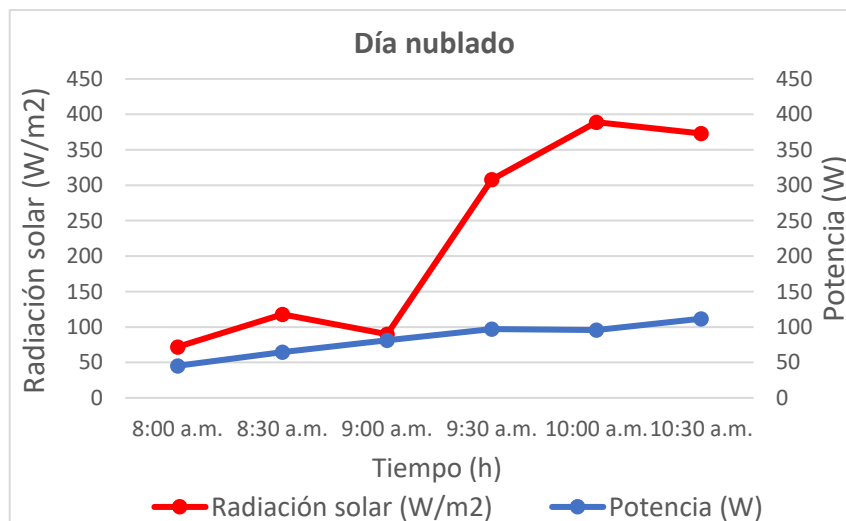
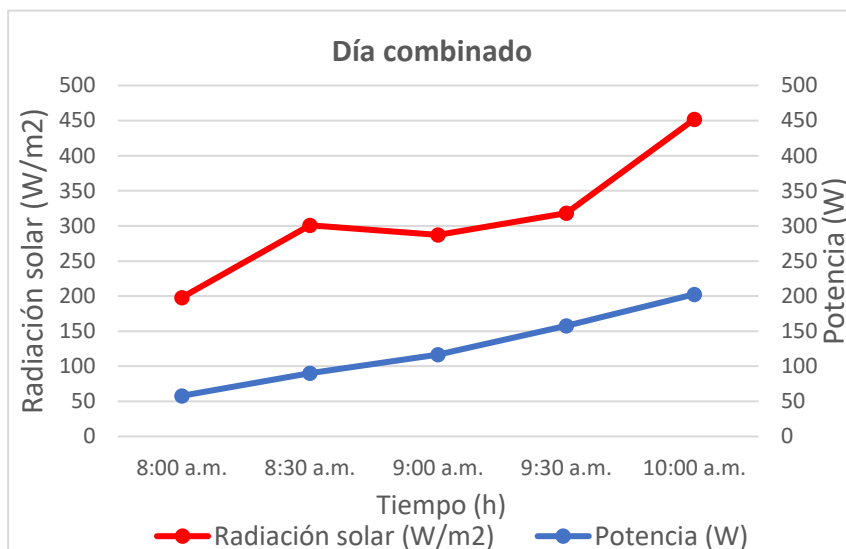
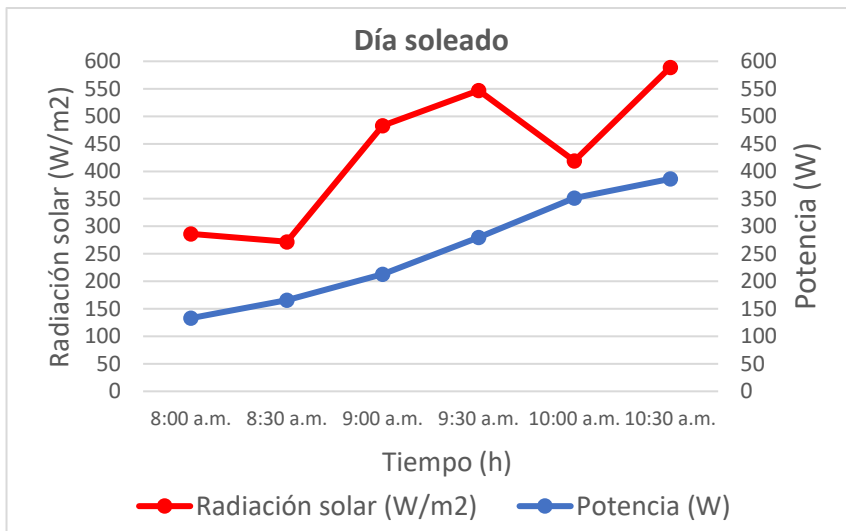


Figura 13. Radiación solar y potencia generada por el SFV versus tiempo en horas día, para un foco LED de 8 W y un teléfono celular, en día soleado, combinado y nublado.

(Fuente: Anexo 3, Tabla 4, 5 y 6).

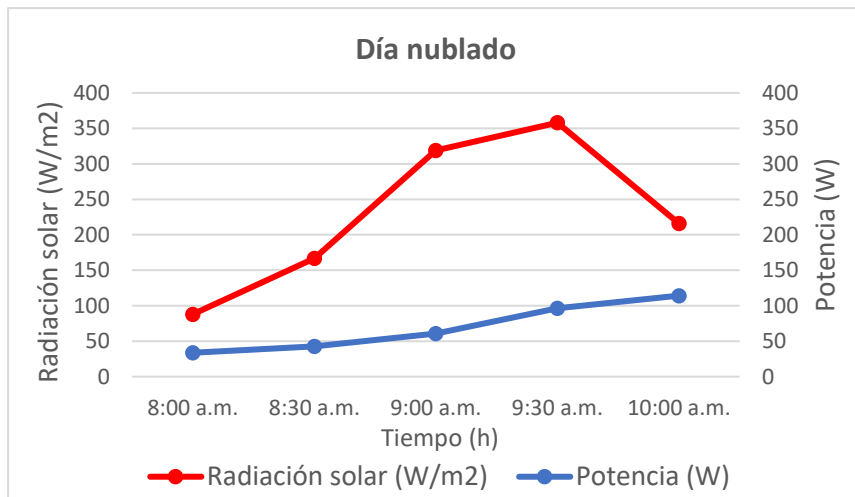
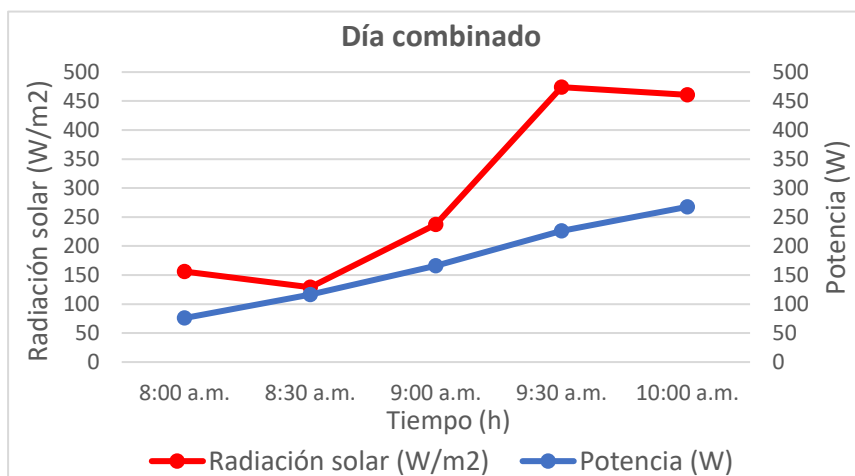
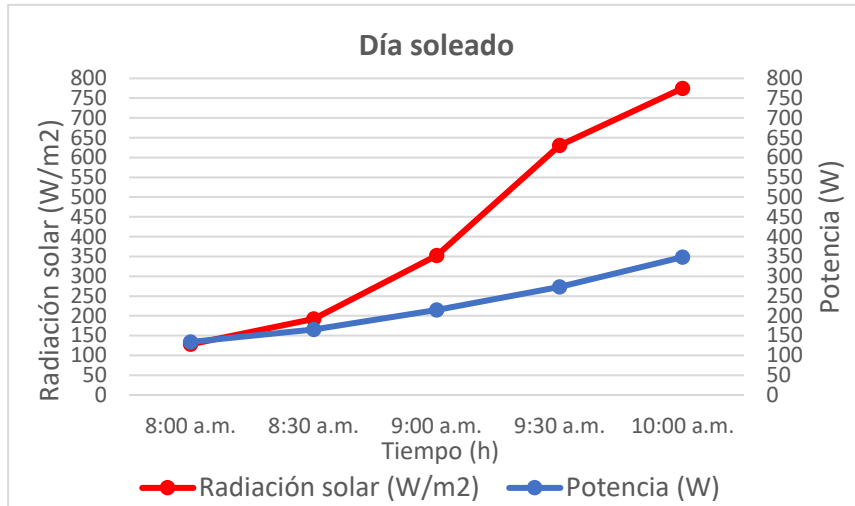


Figura 14. Radiación solar y potencia generada por el SFV versus tiempo en horas día, para un foco LED de 8 W y una laptop; en día soleado, combinado y nublado. (Fuente: Anexo 3, Tabla 7, 8 y 9).

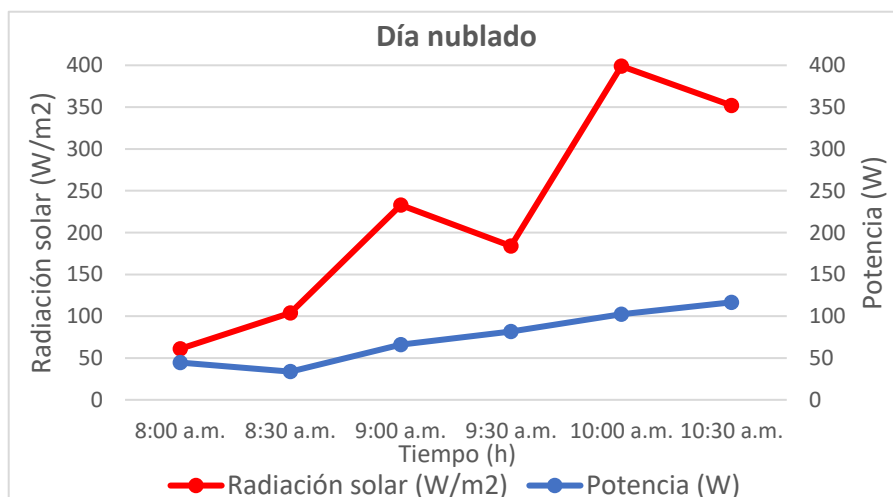
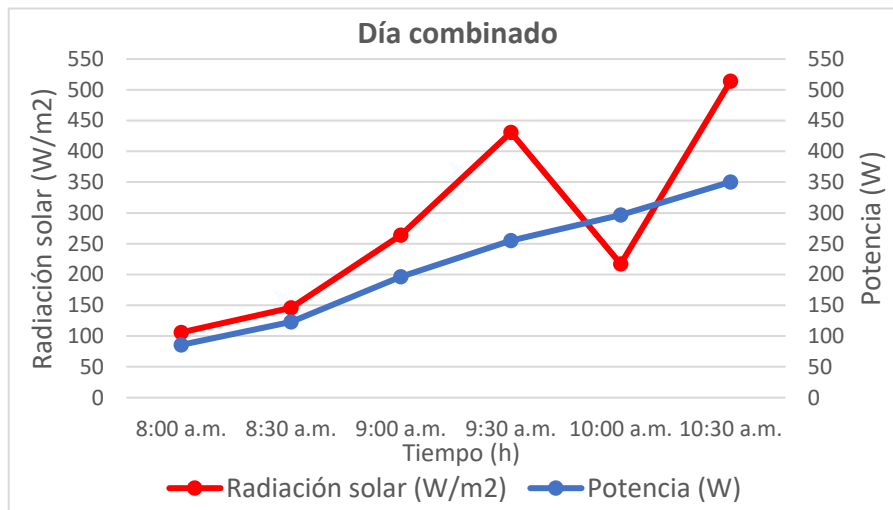
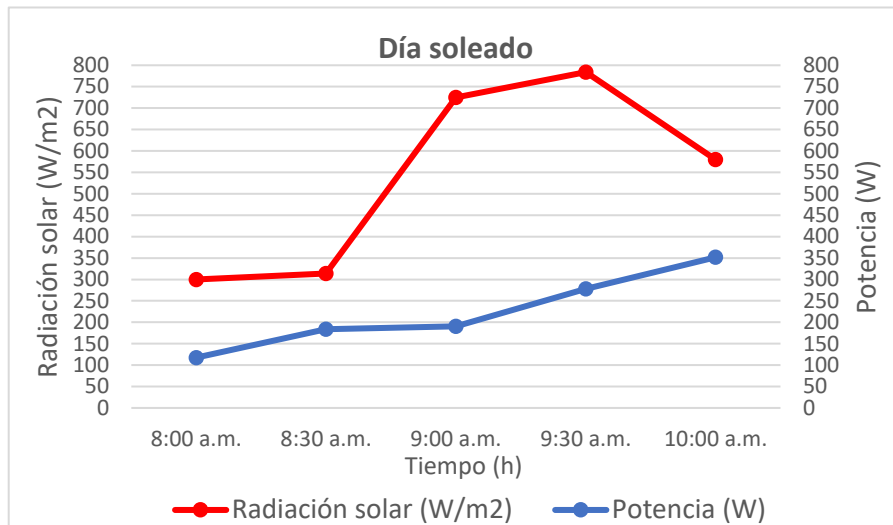


Figura 15. Radiación solar y potencia generada por el SFV versus tiempo en horas día, para un foco LED de 8 W y dos laptops; en día soleado, combinado y nublado. (Fuente: Anexo 3, Tabla 10, 11 y 12).

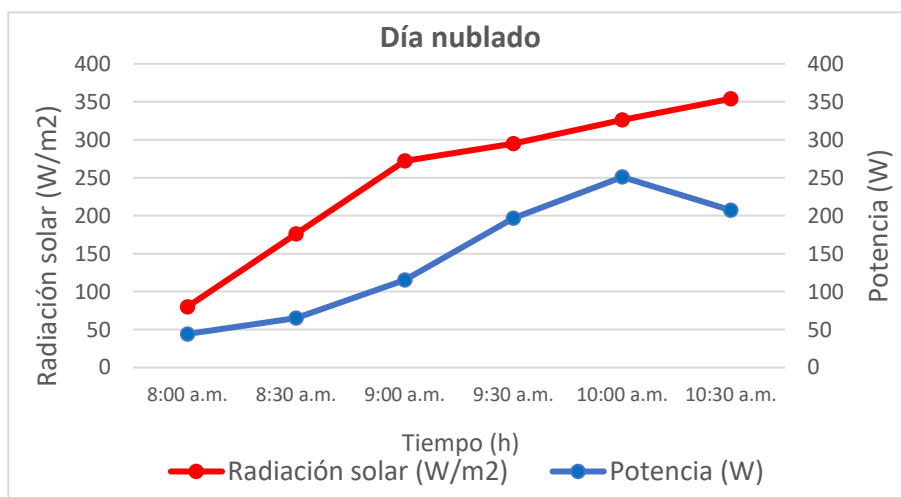
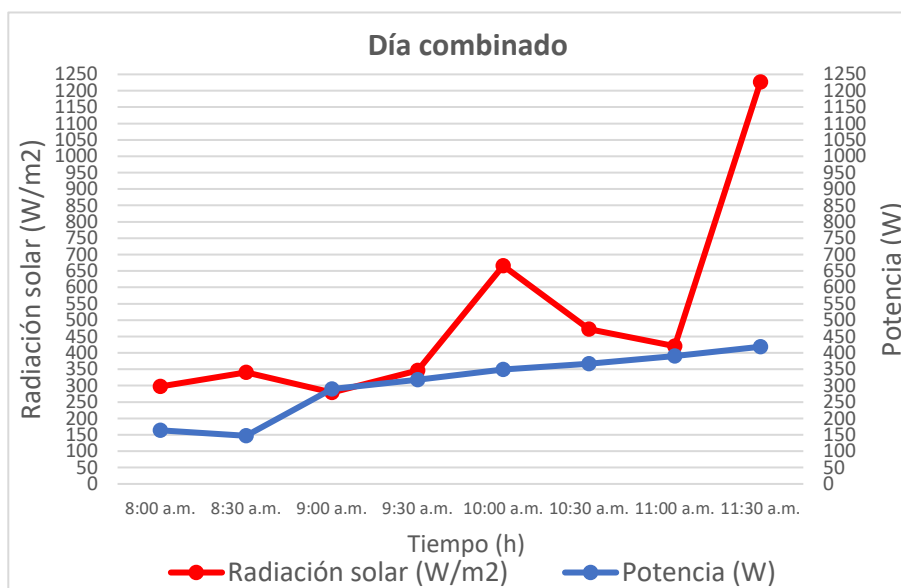
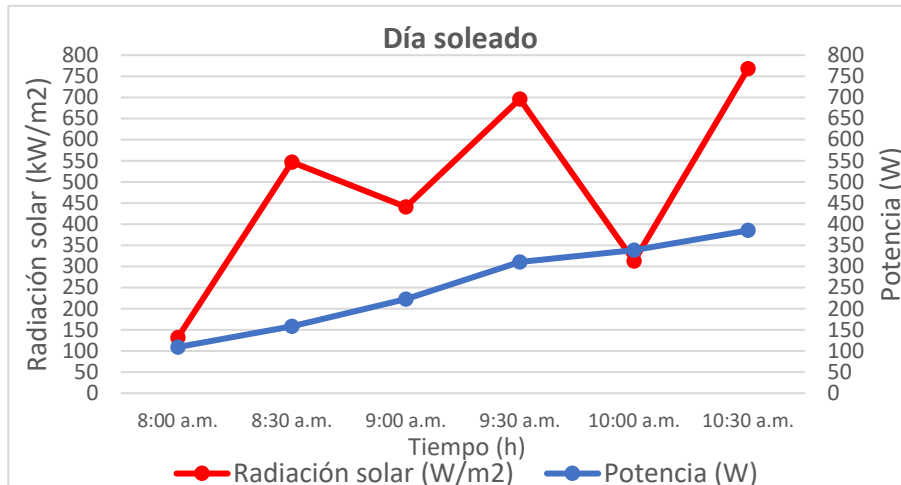


Figura 16. Radiación solar y potencia generada por el SFV versus tiempo en horas día, para un foco LED de 8 W, cuatro celulares y dos laptops; en día soleado, combinado y nublado. (Fuente: Anexo 3, Tabla 13, 14 y 15).

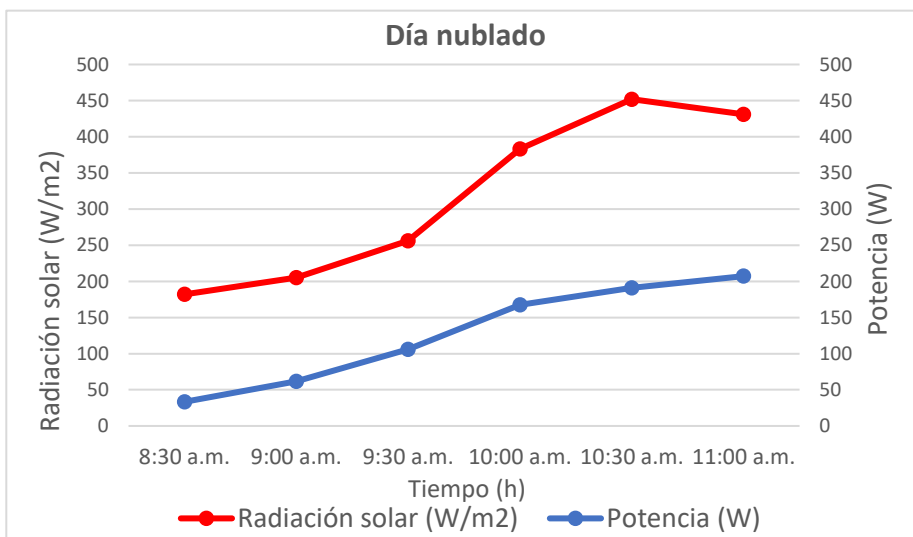
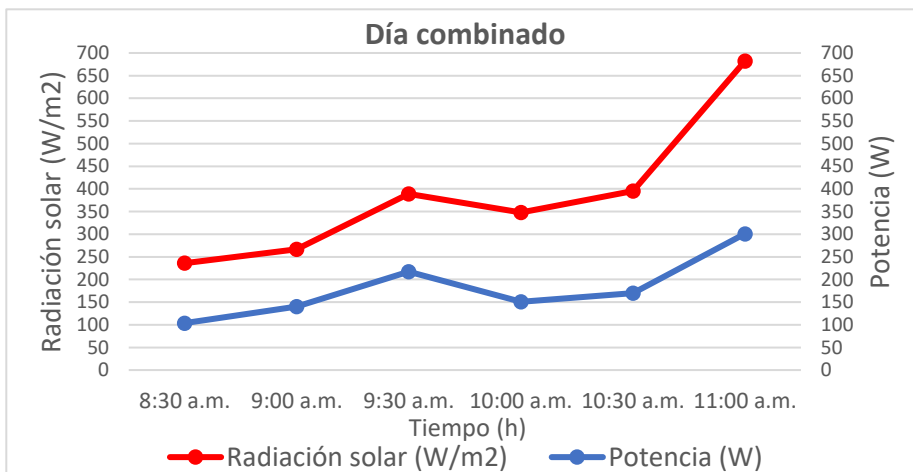
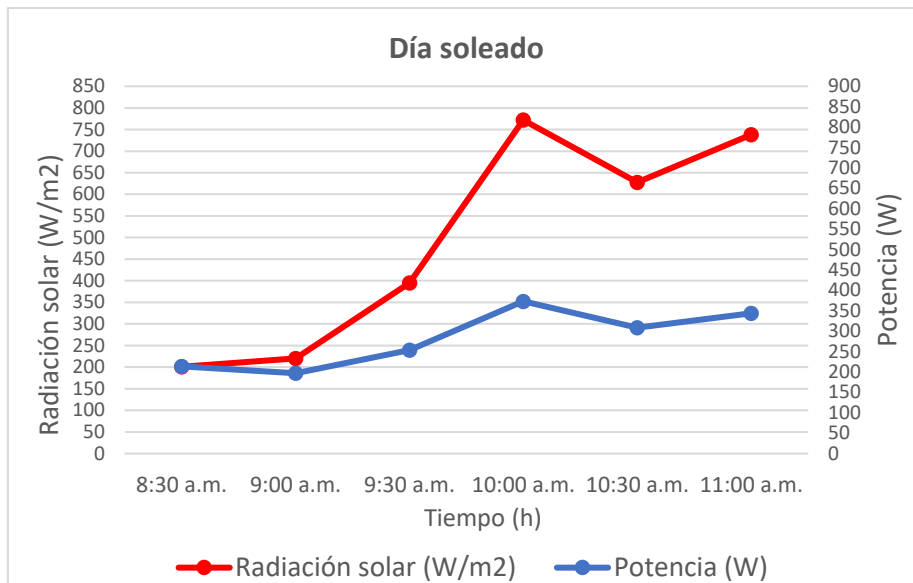


Figura 17. Radiación solar y potencia generada del sistema versus tiempo en horas día, para un foco LED de 8 W cuatro celulares; en día soleado, combinado y nublado.

(Fuente: Anexo 3, Tabla 16, 17 y 18).

En días nublados, combinados y soleados (Figura 17, 18 y 19) se evaluó las combinaciones de foco LED y la carga de las baterías de las laptops y de los teléfonos celulares en función al tiempo que en que se carga cada equipo; en lo cual las baterías del sistema para todas las combinaciones se mantuvieron en funcionamiento normal sin agotarse.

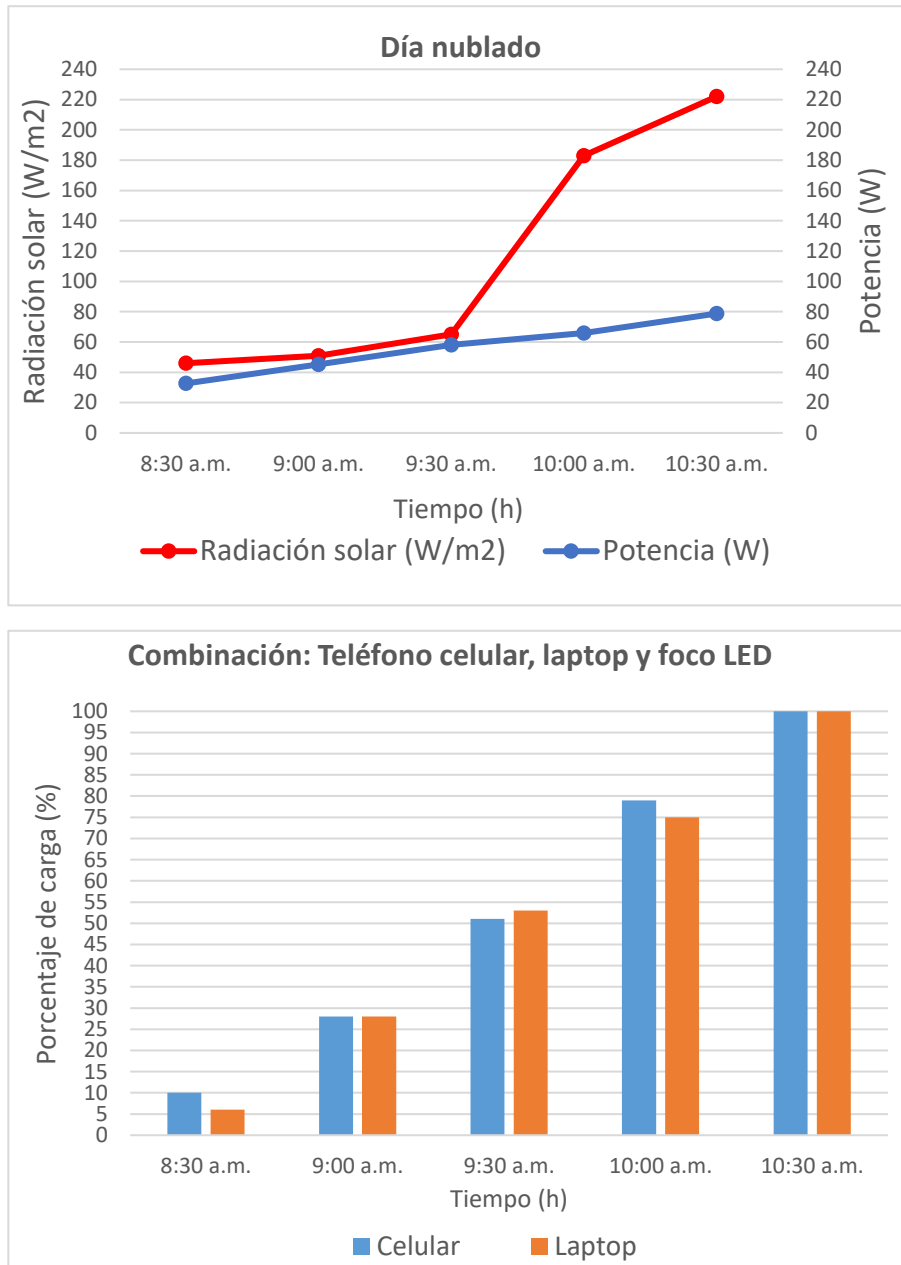


Figura 18. Carga de la batería de un teléfono celular, laptop y el funcionamiento de un foco LED en día nublado.

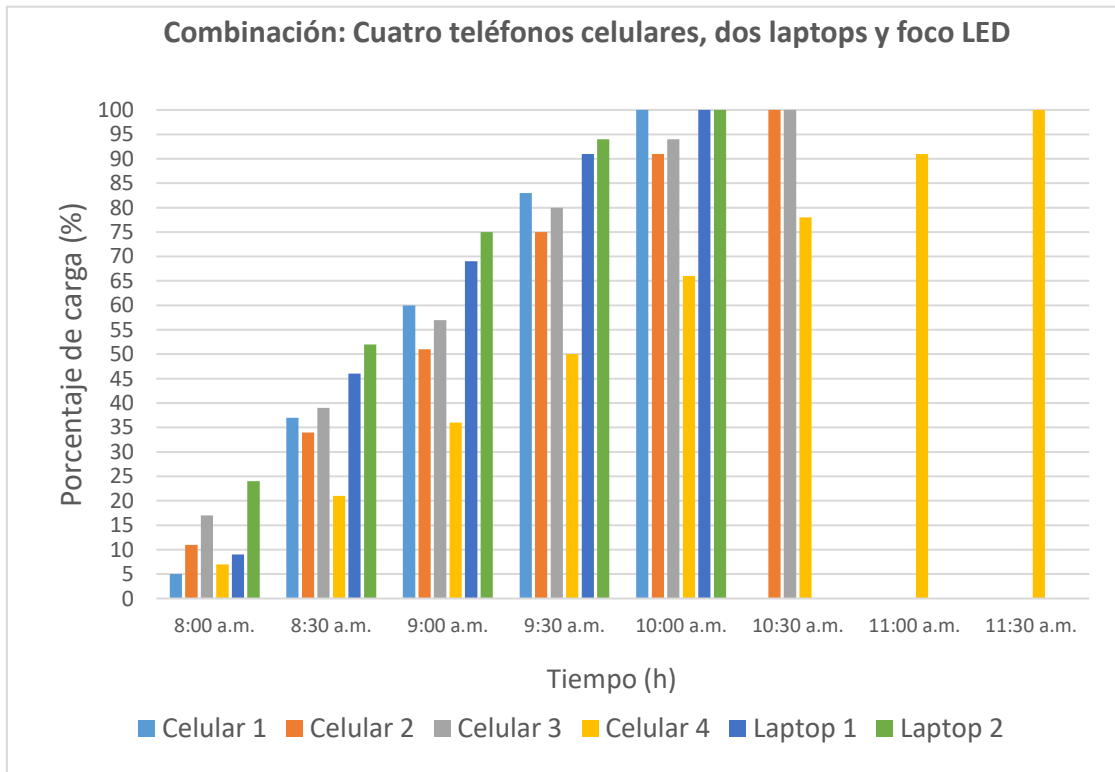
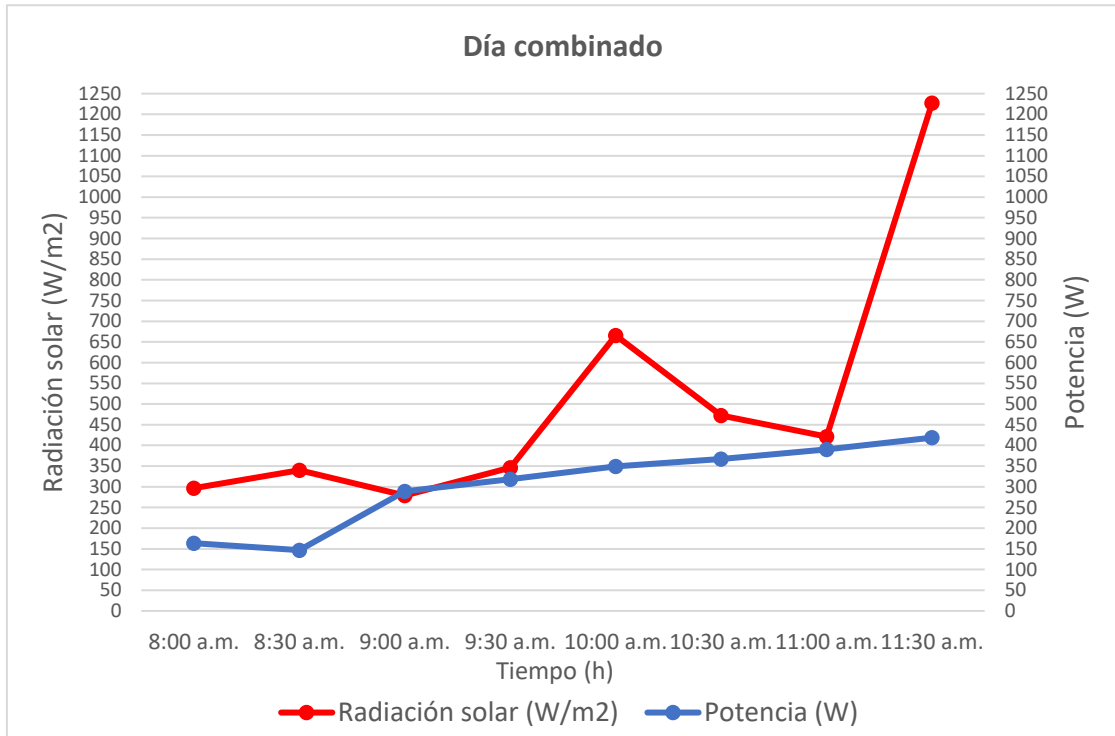


Figura 19. Carga de la batería de cuatro teléfonos celulares, dos laptops y el funcionamiento de un foco LED en día combinado.

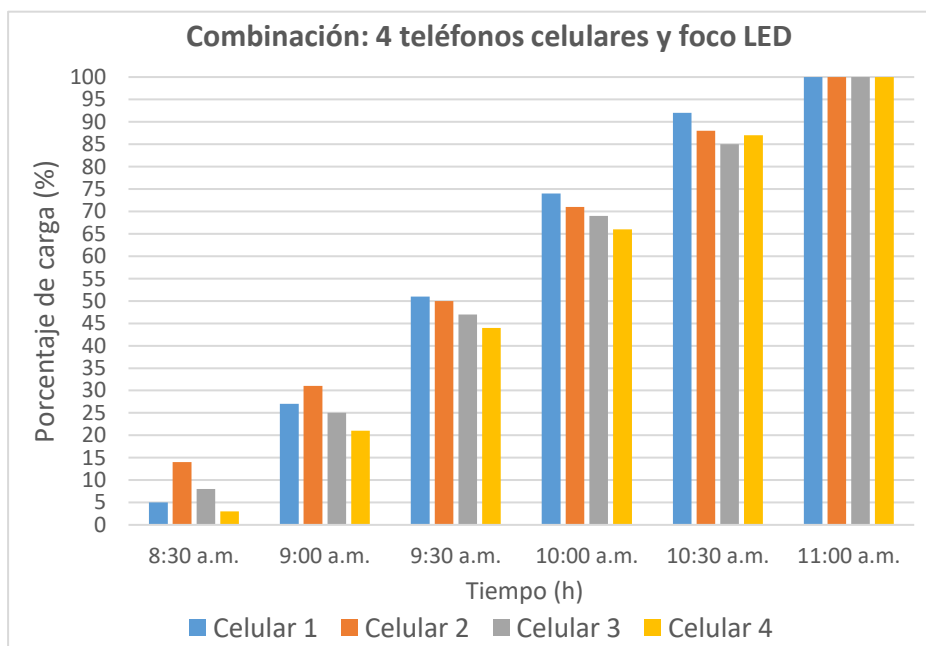
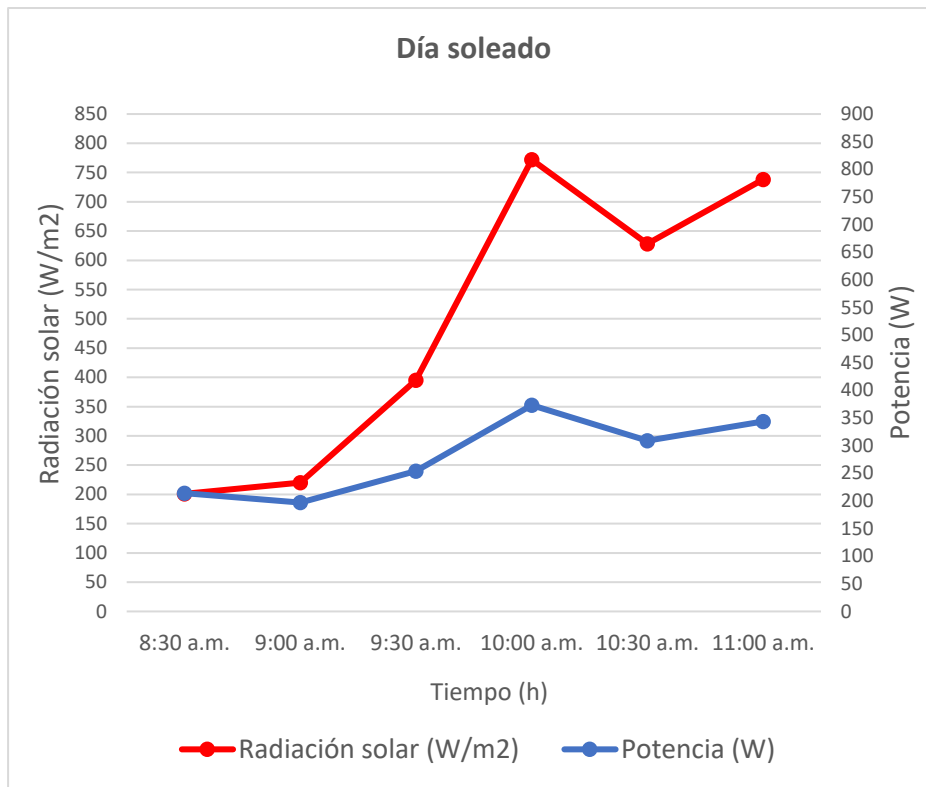


Figura 20. Carga de la batería de cuatro teléfonos celulares, el funcionamiento de un foco LED en día soleado.

Con los resultados obtenidos, se puede asegurar que el sistema fotovoltaico de 500 Wp puede suministrar energía eléctrica suficiente para iluminación y para las cargas de las baterías de teléfonos celulares y laptops en el Estar Estudiantil, se pudo constatar que el sistema fotovoltaico funciona normalmente y en ningún día de las evaluaciones se

descargó las baterías del SFV, quedando siempre con carga para atender a otros usuarios, por lo cual el SFV del Estar Estudiantil se puede utilizar en los diferentes tipos de días. La iluminación permite que los estudiantes utilicen el Estar Estudiantil en las noches para cargar las baterías de los teléfonos celulares o de las laptops y para realizar sus trabajos y repasar sus clases.



Figura 21. Empleo del sistema fotovoltaico como taller de enseñanza y para uso de los estudiantes.

Encuesta aplicada a los estudiantes que utilizaron el Estar Estudiantil.

Para socializar el proyecto se aplicó una encuesta (Anexo 4) a 40 estudiantes de diferentes Facultades que utilizaron el Estar Estudiantil de UNTRM. Los resultados fueron los siguientes (Figuras 21 a la 26):

- En la Figura 21, se muestra que el 65% de los estudiantes encuestados utilizan el Estar Estudiantil para cargar las baterías de sus teléfonos celulares y el 35% lo utilizan para cargar la batería de sus laptops.

1

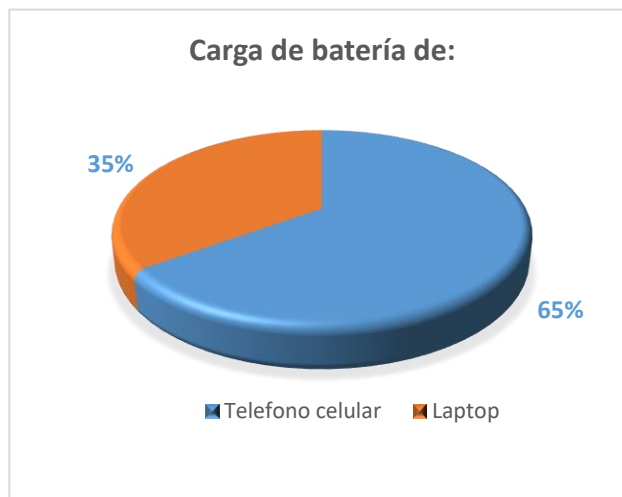


Figura 22. ¿De qué equipo electrónico ha cargado la batería? (Fuente: Anexo 5, Tabla 19)

- Como se muestra en la Figura 22 el 57.5% de los encuestados cargo su equipo electrónico con batería inicial entre 0% a 25%, el 22.5% con batería inicial entre 26% a 50%, el 17.5% con batería inicial entre 51% a 75% y solo el 2.5% utilizo con batería inicial entre 76% a 100%.

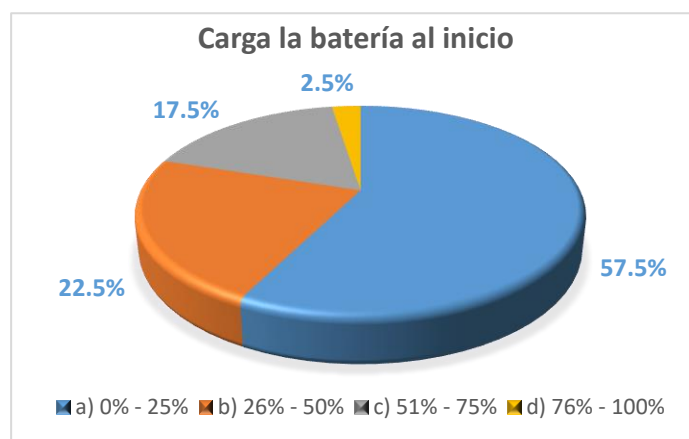


Figura 23. ¿Con cuánto de carga estaba la batería al inicio? (Fuente: Anexo 5, Tabla 20)

- Según la Figura 23 el 47.5% de los encuestado utilizo el Estar Estudiantil para cargar la batería de su equipo electrónico durante 30 minutos, mientras que el 30% lo utilizó por una hora y el 22.5% lo utilizo durante una hora 30 minutos.

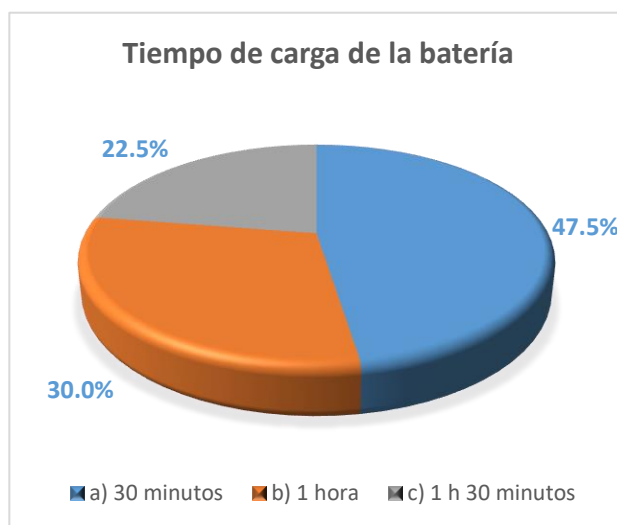


Figura 24. ¿Qué tiempo que se ha puesto a cargar la batería del equipo? (Fuente: Anexo 5, Tabla 21)

- En la Figura 24 el 40% de los encuestados utilizo el Estar Estudiantil para cargar la batería de su equipo electrónico entre 26% a 50%, el 22.5% utilizo para cargar hasta los 1% a 25% de carga, el 20% lo utilizo para cargar entre 51% a 75% de carga y el 15.5% entre 76% a 100% de carga de la batería de su equipo.

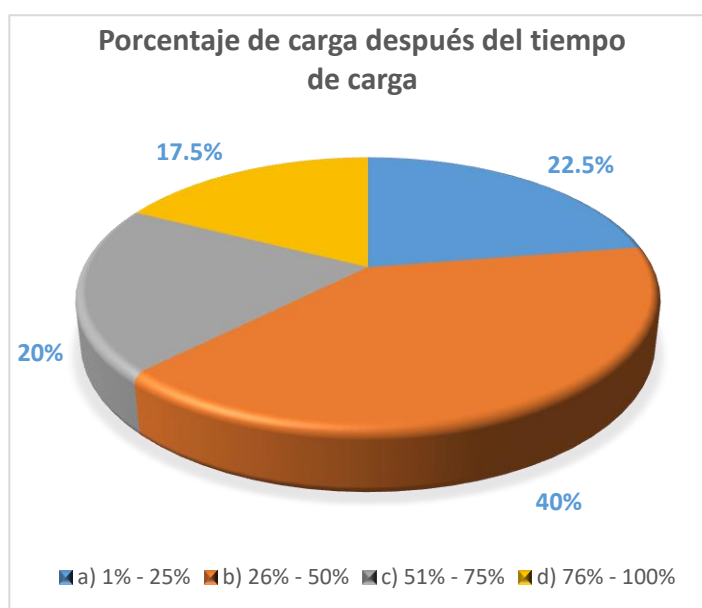


Figura 25. ¿Cuál es el porcentaje de carga de la batería del equipo después del tiempo de carga? (Fuente: Anexo 5, Tabla 22)

- Como se muestra en la Figura 25 el 77.5% de los encuestados que utilizaron el Estar Estudiantil su nivel de satisfacción fue muy satisfecho, el 22.5% satisfecho y ninguno de ellos quedo insatisfecho con la utilización del Estar Estudiantil.

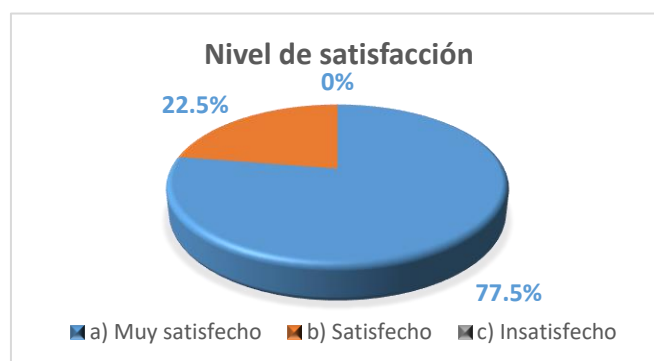


Figura 26. Nivel de satisfacción del usuario del Estar Estudiantil. (Fuente: Anexo 5, Tabla 23)

- El 100 % de los encuestados (Tabla 24) cree que el Estar Estudiantil es beneficioso para el medio ambiente.
- Todos los encuestados (Tabla 25) sugiere que el Estar Estudiantil se debe replicar en otras instituciones.
- Según la Figura 26 el 65% de los encuestados sugirió que se deben instalar puertos USB para cargar sus teléfonos celulares y el 35% sugirió más tomacorrientes.



Figura 27. Recomendaciones o sugerencias para el Estar Estudiantil. (Fuente: Anexo 5, Tabla 26)

- Todos los encuestados (Tabla 27) que utilizaron el Estar Estudiantil le gustaría tener uno en su Facultad.

VI. DISCUSIÓN

La utilización de la energía solar mediante sistemas fotovoltaicos, tiene un gran futuro como un tipo de energía alternativa. Además, con el avance de la tecnología ha disminuido el costo por panel y demás componentes así como su instalación, dando así una mayor accesibilidad para familias de sectores rurales. Los sistemas fotovoltaicos son confiables y duraderos, no ocasionan ningún desequilibrio al ambiente y son competitivos cuando la cantidad de energía demandada es pequeña, los lugares son lejanos y es costoso brindarles acceso a la red de distribución de energía eléctrica.

Según Cornejo (2013), el carácter modular de la tecnología fotovoltaica permite, al contrario de la mayoría de las fuentes convencionales, un costo unitario y una eficiencia independiente del tamaño de la instalación; por ello los pequeños sistemas presentan un gran interés para la producción de energía descentralizada o independencia del usuario o consumidor; además, no producen contaminación ni efecto nocivo alguno y los costos de operación y mantenimiento son muy bajos. Estas características y beneficios de los sistemas fotovoltaicos han sido demostradas en la presente investigación, puesto que al ser modular, se puede ensamblar el sistema en función a la necesidad de los usuarios, evidenciándose que la potencia generada ha sido más que suficiente para atender la demanda de los usuarios y hace disponible una fuente de energía renovable, amigable con el medio ambiente y para mantener su operatividad solo requiere labores de limpieza de la superficie de los paneles fotovoltaicos así como de la mesa y sillas para comodidad de los usuarios. Esto concuerda con Chávez (2012), que manifiesta que el sol al ser una fuente de energía inagotable, hace que la implementación de paneles solares fotovoltaicos sea muy rentable ya que la captación de la energía emanada por el sol no es dificultosa, además que es una manera ecológica de generación de energía, aparte que en caso de estiajes o cortes imprevistos de la empresa eléctrica, no se verá afectado el usuario ya que el sol es una fuente inagotable de energía, no sufrirá cortes.

La energía solar fotovoltaica está más extensamente disponible comparada con los combustibles fósiles, no contribuye a la contaminación atmosférica local y, por lo tanto, reduce los daños y perjuicios a la salud humana, puede mejorar el desarrollo de economías locales, crear empleos y no da lugar al efecto invernadero (Cornejo, 2013). Los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que el sistema fotovoltaico evaluado en el Estar Estudiantil, puede ser empleado en una vivienda en zona rural para abastecerla

con energía eléctrica para iluminación y uso de equipos como televisión y radio; en vez de emplear un grupo electrógeno con motor de combustión interna que contamina el ambiente. Además, una persona que se capacite en tecnología fotovoltaica puede generar su propio negocio de venta, instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos.

Carrasco (2017), instaló un sistema fotovoltaico (SFV) para abastecer con energía eléctrica en 220 V, en dos viviendas que no tienen energía eléctrica en Chachapoyas, Amazonas, Perú. Cada SFV estuvo constituido por un panel fotovoltaico de 100 Wp, regulador de carga, batería de 100 Amph, inversor de carga de 300 W. Determinó que con el SFV funcionan tres focos LED de 8 W, en simultáneo con la carga de la batería de un teléfono celular o de una radio de 18 W durante 4 horas; asimismo, durante el mismo tiempo funcionan un foco LED de 8 W con un televisor de 70 W. Por lo cual el sistema fotovoltaico de 100 Wp puede suministrar energía eléctrica suficiente para iluminación y entretenimiento de la familia usuaria en horas de la noche, quedando un remanente de carga para aproximadamente dos horas más de funcionamiento de la misma combinación, o iluminación para atender alguna emergencia de los miembros de la familia. El SFV del Estar Estudiantil tiene dos paneles fotovoltaicos de 260 Wp cada uno y dos baterías de gel de 100 Amph, por lo que en día soleado puede generar hasta 530 Wp; en consecuencia, este SFV puede abastecer con energía eléctrica a 5 viviendas cercanas para atender su demanda mínima, priorizando la iluminación con focos LED de 8W que iluminan como foco incandescente de 60 W. Lo mencionado concuerda con lo reportado por Muñoz (2005), quien instaló dos lámparas fluorescentes de 15 W, una radiograbadora de 10 W, un televisor de 60 W y una refrigeradora de 48 W de potencia, siendo el uso total al día de cada equipo: lámparas fluorescentes 4 h, radiograbadora 4 h, televisor 2 h y para la refrigeradora 24 h; concluyó que es necesario 4 paneles de 110 W que producen con 3,5 horas sol/día 385 Wh/día y 3,45 baterías estacionarias de 12 V 150 Amph con una reserva o respaldo de 3 días.

Muñoz (2005), manifiesta que los sistemas fotovoltaicos son confiables y duraderos, no ocasionan ningún desequilibrio al ambiente y son competitivos cuando la cantidad de energía demanda es pequeña y los sitios son lejanos o es difícil llegar a ellos no teniendo acceso a la red eléctrica. En base a los resultados de la presente investigación, se puede decir que la sostenibilidad de los proyectos con SFV tendrá por un lado la participación del Estado en cuanto a los subsidios, y por otro la inteligencia de los propios inversionistas

para hacer rentables los proyectos, lo que se refuerza con que según los diversos fabricantes, los paneles fotovoltaicos tiene una duración entre 25 a 30 años, las baterías de gel duran hasta 7 años, en consecuencia, la inversión en SFV es amortizable en menos de 5 años con lo que se gastaría en otros sistemas convencionales de abastecimiento de energía y contribuye a mejorar la calidad de vida y la inclusión social de sus usuarios, como lo demostrado por Carrasco (2017).

El sistema fotovoltaico de 500 Wp instalado en el Estar Estudiantil en la UNTRM, es adecuado para abastecer con energía eléctrica a los tres tomacorrientes empotrados en el tablero de la mesa, para atender la demanda de los diferentes usuarios que a diario lo emplean para cargar la batería de su teléfono celular o de su laptop, debido que en todos los días evaluados y con todas las combinaciones de equipos eléctricos realizadas, la potencia generada por el sistema ha sido más que suficiente para atender la demanda de carga de baterías de teléfonos celulares, de laptops y para la iluminación con un foco led.

VII. CONCLUSIONES

- El sistema fotovoltaico de 500 Wp (Potmáx) evaluado alcanzó una máxima potencia en día soleado de 386,24 Wp (77,25 % Potmáx), en día combinado 350,43 Wp (70,10 % Potmáx) y en día nublado 250,89 Wp (50,18 % Potmáx).
- El SFV en el Estar Estudiantil de la UNTRM tiene la capacidad para cargar la batería de cuatro teléfonos celulares, dos laptops y el funcionamiento de un foco LED para iluminación. El tiempo de carga promedio de la batería de los teléfonos fue de 2,5 horas y de las laptops de 2 horas para llegar al 100% de carga de las baterías de los equipos electrónicos mencionados.
- Los estudiantes y visitantes de la UNTRM, usuarios del Estar Estudiantil, que ahí cargaron la batería de su teléfono celular o de su laptop, quedaron muy satisfechos porque tenían un lugar seguro para cargar las baterías de sus equipos y sobretodo usando una fuente de energía renovable, amigable con el medio ambiente.
- El SFV de 500 Wp es adecuado, para abastecer con energía eléctrica al Estar Estudiantil debido que en todos los días evaluados y con todas las combinaciones, la potencia generada por el sistema ha sido más que suficiente para cargar las baterías de los teléfonos celulares, de las laptops y para la iluminación con un foco LED.
- El uso de fuentes de energías renovables permite reducir el uso de las energías convencionales, logrando con esto alcanzar una cierta independencia, consiguiendo además, disminuir los niveles de contaminación al dejar de utilizar en parte combustibles fósiles para satisfacer la demanda energética.
- 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 manera 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.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Emplear el sistema fotovoltaico del Estar Estudiantil como un taller para enseñanza y para difundir los usos y beneficios de la energía solar fotovoltaica.
2. Incluir en el circuito de visita de la UNTRM, el Estar Estudiantil, para que más personas conozcan los beneficios ambientales y el aporte del sistema fotovoltaico para mejorar la calidad de vida y la inclusión social de sus potenciales usuarios.
3. Hacer cursos extracurriculares para formar personas que brinden servicios de diseño, instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos; que serán de gran utilidad y posible demanda en zonas rurales de la Región Amazonas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Internacional de Energía. (2017). *Tecnologías de energía limpia*. Obtenido de <https://www.iea.org/topics/cleanenergytechnologies/>
- Bayrak, F., Ertürk, G., & Oztop, H. (2017). Effects of partial shading on energy and exergy efficiencies for photovoltaic panels. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2017.06.108
- BP Statistical Review of World Energy. (1993; 2000; 2005; 2014; 2015). *Elliott, M.A. (Ed.), 1981. Chemistry of Coal Utilization, 2nd Supplementary Volume. John Wiley & Sons, NY.* Obtenido de <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- Burhan, M., Shahzad, M. W., & Choon, N. K. (2017). Long-term performance potential of concentrated photovoltaic (CPV) systems. *Energy Conversion and Management*, 90-99. doi:10.1016/j.enconman.2017.05.072
- Caliskan, H. (2017). Environmental and enviroeconomic researches on diesel engines with diesel and biodiesel fuels. *Journal of Cleaner Production*, 1-26. doi:10.1016/j.jclepro.2017.03.168
- Carrasco Guevara Henry (2017). *Rendimiento de Sistemas Fotovoltaicos de 100 Wp, Chachapoyas, Amazonas 2017*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Perú.
- Chávez Guerrero, Mónica A. (2012). *Proyecto de factibilidad para uso de paneles solares en generación fotovoltaica de electricidad en el complejo habitacional "San Antonio"*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Colombia.
- Cornejo Lalupú, H. A. (2013). *Sistema solar fotovoltaico de conexión a red en el Centro Materno Infantil de la Universidad de Piura*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico. Universidad de Piura. Perú

Energiza. (2016). *Energiza.org*. Obtenido de <http://www.energiza.org/solar-fotovoltaica/22-solar-fotovoltaica/627-paneles-fotovoltaicos-concepto-y-tipos>

Erenovable. (2017). *ERENOVABLE.COM*. Obtenido de <https://erenovable.com/energias-renovables/>

De la Cruz, W. C. (2014). *Sistema solar fotovoltaico de conexión a red en el Centro Materno Infantil de la Universidad de Piura*. Tesis para optar el Título Profesional Para optar el grado de Magíster en Tecnología Energética. Universidad Nacional del Centro del Perú. Perú.

Fernández Salmón, C. (2015). *Estudio de la eficiencia energética en instalaciones de iluminación. un caso práctico*. Trabajo Fin de Grado para acceder al título de graduado en Ingeniería de los Recursos Energéticos. Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía Universidad de Cantabria. España.

Flores Rivera N. R. & Domínguez Ramírez M. A. (2017). *Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Energías Renovables. El Centro de Investigación en Materiales Avanzados. México.

Giraudy Arafet, C. M., Massipe Cano, I., Rodríguez Rivera, R., Rodríguez Gámez, M., & Vázquez Pérez, A. (2013). Factibilidad de instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a red. *Ingeniería Energética*, 141-148. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329130985007>

Gonçalves, A., & Simões, M. (2017). Metabolic engineering of *Escherichia coli* for higher alcohols production: An environmentally friendly alternative to fossil fuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 580-589. doi:10.1016/j.rser.2017.04.047

Grupo NAP. (2007). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. Obtenido de http://www.coitaoc.org/files/estudios/energia_solar_fotovoltaica_2e5c69a6.pdf

- Herrera, L., Miranda, A., Arango, E., Ramos, C., & González, D. (2013). Dimensionamiento de Sistemas de Generación Fotovoltaicos Localizados en la Ciudad de Medellín. *TecnoLógicas*, 1-14. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344234341022>
- Instituto Aragonés del Agua. (2015). Guía técnica para la utilización de la energía solar fotovoltaica en instalaciones de abastecimiento de agua potable. España.
- López, J., Seleme Jr, S., Donoso, P., Morais, L., Cortizo, P., & Severo, M. (2016). Digital control strategy for a buck converter operating as a battery charger for stand-alone photovoltaic systems. *Solar Energy*, 171-187. doi:10.1016/j.solener.2016.11.005
- López Torres, A. (2016). *Implementación de un sistema de desinfección de agua mediante luz ultravioleta alimentado por energía solar mediante paneles fotovoltaicos en la hostería san andrés, en el Cantón Morona, Provincia de Morona Santiago*. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.
- Marquez, A. (2011). verificación del efecto foto eléctrico con luz ultravioleta. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. doi:<https://doi.org/10.14483/23448350.2033>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, España. (2016). *Cambio climático*. Obtenido de mapama: <http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/que-es-el-cambio-climatico-y-como-nos-afecta/>
- Montenegro Zumaeta, Nixon M. (2013). *Determinación de la eficiencia y capacidad de una terma solar con dos colectores en serie de 1m² cada uno*. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. UNTRM. Chachapoyas, Perú.
- Muñoz Anticona, D. F. (2005) *Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país*. Tesis para optar el Título Profesional de

Ingeniero Mecánico Electricista. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

Obando Paredes, E. D., & Vargas Cañas, R. (2016). Desempeño de un sistema fotovoltaico autónomo frente a condiciones medioambientales de una región en particular. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 27-33. doi:<http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.301>

Ospino, V. M., & Isaza, L. (2012). Manual de implementación de energía solar fotovoltaica en viviendas “eco”.

Ramgolam, Y. K., & Soyjaudah, K. M. (2017). Holistic performance appraisal of a photovoltaic system. *Renewable Energy*, 440-448. doi:10.1016/j.renene.2017.03.038

Rodríguez Murcia, H. (2009). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista de ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia*, 83-89. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12>

Sanchez Gallejo, N. (2016). *Diseño de un sistema híbrido eólico solar para el bombeo de agua*. Trabajo de grado para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia.

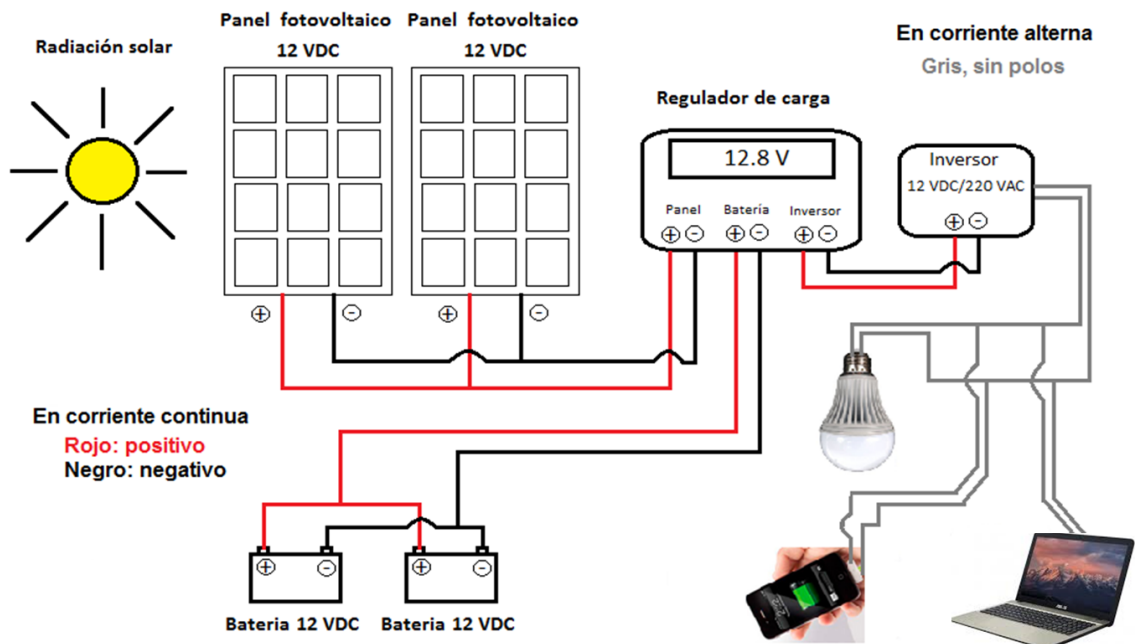
Singh, B., Strømman, A., & Hertwich, E. (2012). Scenarios for the environmental impact of fossil fuel power: Co-benefits and trade-offs of carbon capture and storage. *Energy*, 762-770. doi:10.1016/j.energy.2012.07.014

Solar Energy. (2016). *Solar Energy International*. Obtenido de <https://www.solarenergy.org/es/cursos/introduccion-a-las-energias-renovables-en-linea/>

Vigo Cruz, Lady V. y Ronal R. Trigo Valle. (2012). *Eficiencia térmica de un calentador solar de agua de 80 litros con colector de 1 m²*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Perú.

ANEXO 1

Esquema de instalación del sistema fotovoltaico de 100 Wp



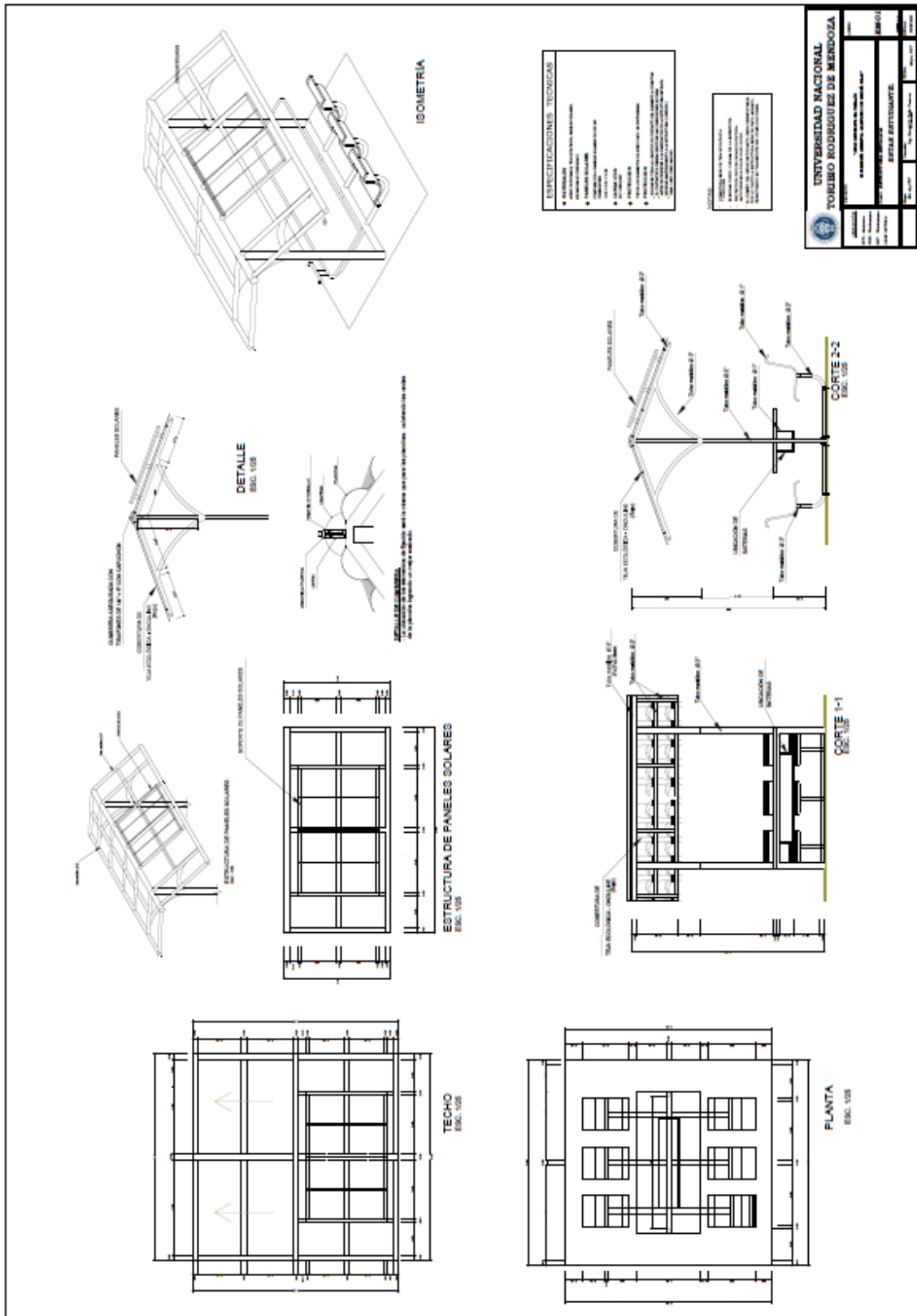


Figura 29. Plano 2 del Estar Estudiantil.

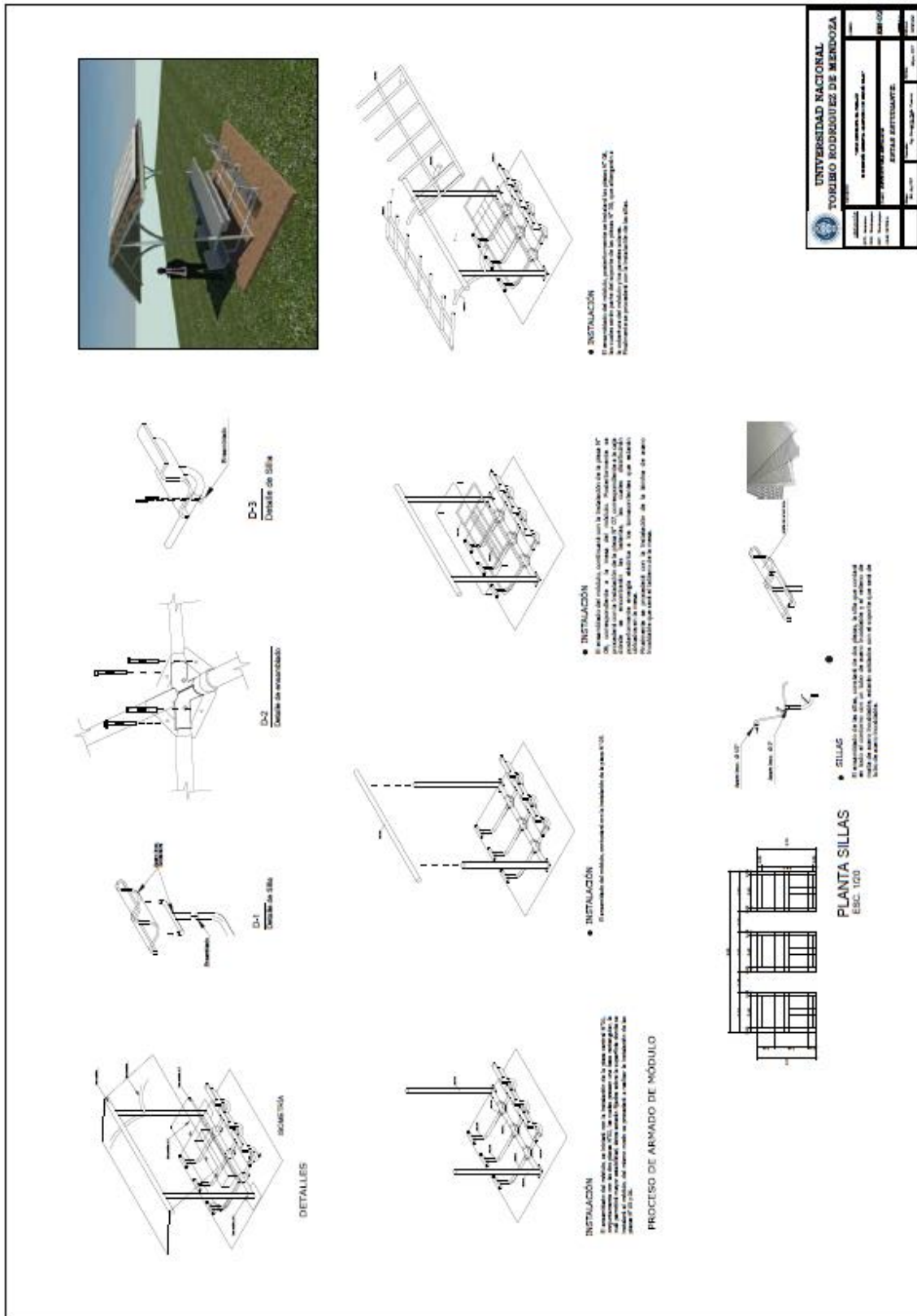


Figura 30. Plano 3 del Estar Estudiantil.

ANEXO 3

Datos experimentales de la evaluación de los sistemas fotovoltaicos de 500 Wp

Tabla 1. Combinación de un foco LED de 8 W, carga de batería de un teléfono celular y una laptop, durante el día soleado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería de teléfono celular (%)	Porcentaje de carga de la batería de la laptop (%)
8:30 a.m.	452	28.34	3.3	93.52	15	0
9:00 a.m.	412	28.12	4.2	118.10	29	19
9:30 a.m.	701	28.08	10.7	300.46	53	55
10:00 a.m.	838	28.22	11.3	318.89	80	86
10:30 a.m.	963	28.07	12.1	339.65	100	100

Tabla 2. Combinación de un foco LED de 8 W, carga de batería de un teléfono celular y una laptop, durante el día combinado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería de teléfono celular (%)	Porcentaje de carga de la batería de la laptop (%)
8:30 a.m.	240	26.4	2.1	55.44	3	15
9:00 a.m.	393	28.13	3.4	95.64	19	41
9:30 a.m.	388	28.57	7.4	211.42	37	70
10:00 a.m.	387	28.48	10	284.80	59	91
10:30 a.m.	441	28.31	8.1	229.31	81	100
11:00 a.m.	639	28.23	8.1	228.66	100	-

Tabla 3. Combinación de un foco LED de 8 W, carga de batería de un teléfono celular y una laptop, durante el día nublado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería de teléfono celular (%)	Porcentaje de carga de la batería de la laptop (%)
8:30 a.m.	46	25.12	1.3	32.66	10	6
9:00 a.m.	51	25.1	1.8	45.18	28	28
9:30 a.m.	65	25.23	2.3	58.03	51	53
10:00 a.m.	183	25.32	2.6	65.83	79	75
10:30 a.m.	222	25.41	3.1	78.77	100	100

Tabla 4. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de un teléfono celular, durante el día soleado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería de teléfono celular (%)
8:00 a.m.	286	28.33	4.7	133.15	5
8:30 a.m.	272	28.57	5.8	165.71	27
9:00 a.m.	483	28.41	7.5	213.08	45
9:30 a.m.	547	27.71	10.1	279.87	65
10:00 a.m.	419	28.59	12.3	351.66	86
10:30 a.m.	589	28.61	13.5	386.24	100

Tabla 5. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de un teléfono celular, durante el día combinado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería de teléfono celular (%)
8:00 a.m.	198	27.59	2.1	57.94	8
8:30 a.m.	301	28.13	3.2	90.02	30
9:00 a.m.	287	28.44	4.1	116.60	59
9:30 a.m.	318	27.66	5.7	157.66	78
10:00 a.m.	452	28.53	7.1	202.56	100

Tabla 6. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de un teléfono celular y, durante el día nublado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería de teléfono celular (%)
8:00 a.m.	72	25.15	1.8	45.27	10
8:30 a.m.	118	25.74	2.5	64.35	23
9:00 a.m.	90	25.45	3.2	81.44	45
9:30 a.m.	308	25.49	3.8	96.86	69
10:00 a.m.	389	25.81	3.7	95.50	90
10:30 a.m.	373	25.39	4.4	111.72	100

Tabla 7. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de una laptop, durante el día soleado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería de laptop (%)
8:00 a.m.	128	28.53	4.7	134.09	14
8:30 a.m.	192	28.49	5.8	165.24	43
9:00 a.m.	352	28.61	7.5	214.58	69
9:30 a.m.	631	27.07	10.1	273.41	91
10:00 a.m.	775	28.33	12.3	348.46	100

Tabla 8. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de una laptop, durante el día combinado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería de laptop (%)
8:00 a.m.	156	27.11	2.8	75.91	8
8:30 a.m.	129	28.37	4.1	116.32	30
9:00 a.m.	237	28.59	5.8	165.82	59
9:30 a.m.	474	28.61	7.9	226.02	78
10:00 a.m.	461	28.47	9.4	267.62	100

Tabla 9. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de una laptop, durante el día nublado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería de laptop (%)
8:00 a.m.	88	25.91	1.3	33.68	12
8:30 a.m.	167	25.15	1.7	42.76	31
9:00 a.m.	319	25.3	2.4	60.72	56
9:30 a.m.	358	25.39	3.8	96.48	80
10:00 a.m.	216	25.37	4.5	114.17	100

Tabla 10. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de dos laptops, durante el día soleado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería de la laptop (L) (%)	
					L1	L2
8:00 a.m.	300	28.67	4.1	117.55	4	28
8:30 a.m.	314	28.71	6.4	183.74	29	52
9:00 a.m.	725	28.42	6.7	190.41	57	75
9:30 a.m.	784	28.99	9.6	278.30	78	100
10:00 a.m.	580	28.59	12.3	351.66	100	-

Tabla 11. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de dos laptops, durante el día combinado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería de la laptop (L) (%)	
					L1	L2
8:00 a.m.	106	28.57	3	85.71	5	10
8:30 a.m.	146	28.6	4.3	122.98	29	37
9:00 a.m.	264	28.43	6.9	196.17	47	61
9:30 a.m.	431	28.96	8.8	254.85	69	84
10:00 a.m.	217	28.53	10.4	296.71	88	100
10:30 a.m.	514	28.49	12.3	350.43	100	-

Tabla 12. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de batería de dos laptops, durante el día nublado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería de la laptop (L) (%)	
					L1	L2
8:00 a.m.	61	26.12	1.7	44.40	15	4
8:30 a.m.	104	25.94	1.3	33.72	39	19
9:00 a.m.	233	25.34	2.6	65.88	61	48
9:30 a.m.	184	26.31	3.1	81.56	78	69
10:00 a.m.	399	26.21	3.9	102.22	100	91
10:30 a.m.	352	27.12	4.3	116.62	-	100

Tabla 13. Combinación de un foco LED de 8 W, carga de las baterías de cuatro teléfonos celulares y dos laptops, durante el día soleado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería del teléfono celular (C) (%)				Porcentaje de carga de la batería de la laptop (L) (%)	
					C1	C2	C3	C4	L1	L2
8:00 a.m.	132	27.99	3.9	109.16	8	3	6	28	11	12
8:30 a.m.	547	27.81	5.7	158.52	25	31	34	49	37	34
9:00 a.m.	441	28.88	7.7	222.38	43	63	60	66	61	63
9:30 a.m.	696	28.49	10.9	310.54	68	86	81	88	85	81
10:00 a.m.	313	27.07	12.5	338.38	83	100	100	100	100	94
10:30 a.m.	768	28.12	13.7	385.24	100	-	-	-	-	100

Tabla 14. Combinación de un foco LED de 8 W, carga de las baterías de cuatro teléfonos celulares y dos laptops, durante el día combinado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería del teléfono celular (C) (%)				Porcentaje de carga de la batería de la laptop (L) (%)	
					C1	C2	C3	C4	L1	L2
8:00 a.m.	297	28.21	5.8	163.62	5	11	17	7	9	24
8:30 a.m.	340	28.25	5.2	146.90	37	34	39	21	46	52
9:00 a.m.	279	28.36	10.2	289.27	60	51	57	36	69	75
9:30 a.m.	346	26.98	11.8	318.36	83	75	80	50	91	94
10:00 a.m.	666	26.85	13	349.05	100	91	94	66	100	100
10:30 a.m.	472	27	13.6	367.20	-	100	100	78	-	-
11:00 a.m.	421	27.12	14.4	390.53	-	-	-	91	-	-
11:30 a.m.	1227	28.1	14.9	418.69	-	-	-	100	-	-

Tabla 15. Combinación de un foco LED de 8 W, carga de las baterías de cuatro teléfonos celulares y dos laptops, durante el día nublado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (h)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería del teléfono celular (C) (%)				Porcentaje de carga de la batería de la laptop (L) (%)	
					C1	C2	C3	C4	L1	L2
8:00 a.m.	80	27.61	1.6	44.18	12	41	8	36	3	16
8:30 a.m.	176	26	2.5	65.00	35	59	24	51	29	31
9:00 a.m.	272	26.83	4.3	115.37	59	80	50	69	65	54
9:30 a.m.	295	28.12	7	196.84	78	95	72	82	83	86
10:00 a.m.	326	28.19	8.9	250.89	100	100	89	100	100	100
10:30 a.m.	354	27.26	7.6	207.176	-	-	100	-	-	-

Tabla 16. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de las baterías de cuatro teléfonos celulares, durante el día Soleado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería del teléfono celular (C) (%)			
					C1	C2	C3	C4
8:30 a.m.	201	27.78	7.7	213.91	5	14	8	3
9:00 a.m.	220	28.55	6.9	197.00	27	31	25	21
9:30 a.m.	395	27.88	9.1	253.71	51	50	47	44
10:00 a.m.	772	28.93	12.9	373.20	74	71	69	66
10:30 a.m.	628	28.59	10.8	308.77	92	88	85	87
11:00 a.m.	738	28.41	12.1	343.76	100	100	100	100

Tabla 17. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de las baterías de cuatro teléfonos celulares, durante el día nublado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería del teléfono celular (C) (%)			
					C1	C2	C3	C4
8:30 a.m.	182	27.81	1.2	33.37	10	10	1	0
9:00 a.m.	205	25.68	2.4	61.63	17	27	23	19
9:30 a.m.	256	27.17	3.9	105.96	30	51	47	41
10:00 a.m.	383	28.39	5.9	167.50	59	76	70	65
10:30 a.m.	452	28.52	6.7	191.08	81	95	93	87
11:00 a.m.	431	28.78	7.2	207.22	100	100	100	100

Tabla 18. Combinación de un foco LED de 8 W y carga de las baterías de cuatro teléfonos celulares, durante el día combinado.

Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (W)	Porcentaje de carga de la batería del teléfono celular (C) (%)			
					C1	C2	C3	C4
8:30 a.m.	236	28.81	3.6	103.72	0	7	11	17
9:00 a.m.	267	27.55	5.1	140.51	25	30	28	38
9:30 a.m.	389	27.81	7.8	216.92	49	59	56	61
10:00 a.m.	348	28.5	5.3	151.05	65	76	78	86
10:30 a.m.	395	27.89	6.1	170.13	81	93	97	100
11:00 a.m.	682	28.12	10.7	300.88	100	100	100	-

ANEXO 4

Encuesta aplicada a los estudiantes que utilizaron el Estar Estudiantil.

1. ¿De qué equipo electrónico ha cargado la batería?
 - a) Teléfono celular
 - b) Laptop
2. ¿Con cuánto de carga estaba la batería al inicio?
 - a) 0% – 25%
 - b) 26% - 50%
 - c) 51% - 75%
 - d) 76% - 100%
3. ¿Qué tiempo ha puesto a cargar la batería?
 - a) 30 minutos
 - b) 1 hora
 - c) 1h 30 minutos
4. ¿Cuál es el porcentaje de carga de la batería de su equipo después del tiempo de carga?
 - a) 1% – 25%
 - b) 26% - 50%
 - c) 51% - 75%
 - d) 76% - 100%
5. ¿Nivel de satisfacción del usuario del Estar Estudiantil?
 - a) Muy satisfecho
 - b) Satisfecho
 - c) Insatisfecho
6. ¿Cree que el Estar Estudiantil es beneficioso para el medio ambiente?
 - a) Si
 - b) No
7. ¿Cree que el Estar Estudiantil se debe replicar en otras instituciones educativas?
 - a) Si
 - b) No
8. Recomendaciones o sugerencias para el Estar Estudiantil
 - a) Mas tomacorrientes
 - b) Puertos USB
 - c) Otros:
9. Le gustaría tener un Estar Estudiantil en su Facultad
 - a) Si
 - b) No

ANEXO 5

Resultados de encuesta aplicada a los estudiantes que utilizaron el Estar Estudiantil.

Tabla 19. ¿De qué equipo electrónico ha cargado la batería?

Teléfono celular	Laptop	Total
26	14	40
65.0%	35.0%	100.0%

Tabla 20. ¿Con cuánto de carga estaba la batería al inicio?

a) 0% - 25%	23	57.5%
b) 26% - 50%	9	22.5%
c) 51% - 75%	7	17.5%
d) 76% - 100%	1	2.5%

Tabla 21. ¿Qué tiempo ha puesto a cargar la batería?

a) 30 minutos	19	47.5%
b) 1 hora	12	30.0%
c) 1 h 30 minutos	9	22.5%

Tabla 22. ¿Cuál es el porcentaje de carga de la batería de su equipo después del tiempo de carga?

a) 1% - 25%	9	22.5%
b) 26% - 50%	16	40.0%
c) 51% - 75%	8	20.0%
d) 76% - 100%	7	17.5%

Tabla 23. ¿Nivel de satisfacción del usuario del Estar Estudiantil?

a) Muy satisfecho	31	77.5%
b) Satisfecho	9	22.5%
c) Insatisfecho	0	0.0%
Total	40	100.0%

Tabla 24. ¿Cree que el Estar Estudiantil es beneficioso para el medio ambiente?

a) Si	40	100%
b) No	0	0%

Tabla 25. ¿Cree que el Estar Estudiantil se debe replicar en otras instituciones educativas?

a) Si	40	100%
b) No	0	0%

Tabla 26. Recomendaciones o sugerencias para el Estar Estudiantil.

a) Mas tomacorrientes	14	35%
b) Puertos USB	26	65%
c) Otros	0	0%

Tabla 27. Le gustaría tener un Estar Estudiantil en su Facultad.

a) Si	40	100%
b) No	0	0%