

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PANELES SOLARES COMO
PRUEBA PILOTO PARA SUMINISTRO ENERGÉTICO DE DISPOSITIVOS
MÓVILES, EN LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, SEDE VILLAVICENCIO
CAMPUS LOMA LINDA**



GARCÍA BARRERO ALEXANDRA

PEÑUELA GUEVARA LUCY



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO**

2019

Diseño e implementación de un sistema solar fotovoltaico

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PANELES SOLARES COMO
PRUEBA PILOTO PARA SUMINISTRO ENERGÉTICO DE DISPOSITIVOS
MÓVILES, EN LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, SEDE VILLAVICENCIO
CAMPUS LOMA LINDA**

GARCÍA BARRERO ALEXANDRA

PEÑUELA GUEVARA LUCY

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniera ambiental

Directora:

ING. OLGA LUCIA CUBIDES DUSSAN

Ingeniera Química

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

VILLAVICENCIO

2019

Autoridades Académicas

P. FRAY JUAN UBALDO LÓPEZ SALAMNCA, O.P

Rector General

P. MAURICIO ANTONIO CORTÉS GALLEGO O.P

Vicerrector Académico General

P. FRAY JOSÉ ARTURO RESTREPO RESTREPO O.P

Rector Sede Villavicencio

P. FRAY FERNANDO CAJICÁ GAMBOA O.P

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

YESICA NATALIA MOSQUERA BELTRAN O.P

Decana de la Facultad de Ingeniería Ambiental

Nota De Aceptación

YESICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana de Facultad

OLGA LUCIA CUBIDES DUSSAN

Director Trabajo de Grado

JUDITH TERESA MEJÍA

Jurado

CHRISTIAN JOSÉ ROJAS REINA

Jurado

Agradecimientos

Primero que todo quiero agradecerle a Dios por permite cumplir este gran logro. A mi abuelita Erlinda Gómez por todo su apoyo incondicional sin la ayuda de ella hoy no estaría culminando esta meta la cual es un orgullo para mí y mi familia, a mi padre Salvador García y mi madre Alexandra Barrero, mis hermanas María Camila y Diana Carolina a mi novio Cristian Fabián por todo el apoyo que me han brindado, Dios me los bendiga siempre y me permita cumplir muchos logros más junto a ustedes que son todo para mí.

A mi compañera de trabajo de grado Lucy Peñuela Guevara quien se convirtió en más que una compañera una amiga gracias por cada una de las enseñanzas que me pudiste dar a lo largo de este proceso siempre podrás contar conmigo, agradezco a tus padres doña Carmen y don Víctor que siempre me abrieron las puertas de su casa haciéndome sentir como si fuese la mía también, a Valentina Montero gracias por todo tu apoyo tus consejos y asesorías.

Agradezco de una forma muy especial a nuestra Docente Diana Esperanza Gómez Gómez, al docente Jaime Arturo Orejarena y nuestra directora Olga Lucía Cubides Dussan, a la Decana Natalia Mosquera Beltrán y los demás docentes quienes nos brindaron su apoyo y acompañamiento a lo largo del desarrollo del proyecto, gracias por cada enseñanza que nos brindaron a lo largo de nuestra carrera Dios los bendiga siempre en esta bella labor que hacen día a día.

Alexandra García Barrero

Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitir este anhelado logro en mi vida, lo cual siempre soñé, gracias a él que incorporó a todas las personas para que se hiciera realidad.

A mis padres, hermana, y familiares por su inmenso apoyo y amor, quienes fueron mi principal motor para culminar esta etapa, por cada uno de sus esfuerzos, palabras de aliento, gracias por darme la oportunidad que me brindaron para optar el título de Ingeniera Ambiental.

Al Docente Jaime Orejarena, la docente Diana Esperanza Gómez, a nuestra directora Olga Lucía Cubides, la Decana Natalia Mosquera y demás profesores de apoyo.

A mi compañera de trabajo de grado Alexandra García, quien se convirtió en un apoyo incondicional, a mi gran amiga Valentina Montero por iluminar nuestro panorama en los momentos difíciles, por su asesoría y apoyo recibido.

Lucy Peñuela Guevara

Tabla de contenido

	Pag.
1. Introducción	16
2. Planteamiento del Problema	18
2.1. Descripción del Problema	18
2.2. Formulación entorno al problema	20
2.3. Hipótesis.....	20
3. Objetivos	21
3.1. Objetivo General	21
3.2. Objetivos Específicos.....	21
4. Justificación	22
5. Alcance	24
6. Antecedentes	26
7. Marco de Referencia.....	30
7.1. Marco Teórico	30
7.2. Marco Conceptual	33
7.2.1. Energía eléctrica.....	33
7.2.2. Energía renovable	33
7.2.3. Sistema fotovoltaico.....	34
7.2.4. Arboles solares.....	34
7.2.5. Células solares	34
7.2.6. Tipo de módulos fotovoltaicos y sus células	36
7.3. Marco Legal	36

8.	Metodología	38
8.1.	Fase I. Evaluación de la percepción socio-ambiental	39
8.1.1.	Realización de encuestas	39
8.1.2.	Selección de la muestra.....	40
8.1.3.	Análisis de encuestas	40
8.2.	Fase II. Diseño del prototipo	41
8.2.1.	Identificación del potencial energético solar	41
8.2.2.	Parámetros de diseño	41
8.2.3.	Selección de materiales, construcción y ensamblaje del prototipo de árbol solar .	43
8.3.	Fase III. Evaluación Implementación del prototipo	46
8.3.1.	Ejecución de la implementación	46
8.3.2.	Reducción de gases de efecto invernadero (GEI)	47
9.	Resultados y Análisis	48
9.1.	Percepción socio-ambiental.....	48
9.1.1.	Mapa de ubicación del prototipo de árbol solar fotovoltaico	53
9.2.	Diseño del prototipo de árbol solar	54
9.2.1.	Estimación de la radiación solar en la Universidad Santo Tomas Campus Loma Linda	54
9.2.2.	Parámetros de diseño	56
9.2.3.	Estructura de soporte y anclaje	63
9.3.	Evaluación de la implementación	64
9.3.1.	Vida útil	64
9.3.2.	Prueba de rendimiento energético del prototipo de árbol solar	65
9.3.3.	Impacto de los GEI	66
10.	Discusión.....	68

11.	Conclusiones	69
12.	Recomendaciones	70
	Referencias bibliográficas.....	72
	Anexos	80

Lista de tablas

	Pag.
Tabla 1. Marco legal	37
Tabla 2. Relación de precios en correlación en los materiales nuevos y reciclados.....	44
Tabla 3. Proveedores de los elementos del sistema solar fotovoltaico.	45
Tabla 4. Datos de promedios mensuales de radiación obtenidos de la estación del ICA de Villavicencio-Meta	54
Tabla 5. Demanda energética.....	56
Tabla 6. Cotización y comparación de precios entre las empresas seleccionadas.	57
Tabla 7. Características eléctricas del panel.	58
Tabla 8. Registro de prueba de carga de los dispositivos móviles.....	65
Tabla 9. Reducción de dióxido de carbono (CO ₂).	67

Lista de ilustraciones

	Pag.
Ilustración 1. Mapa de Ubicación campus Loma Linda. Tomado y modificado de Google Earth 2018 por García & Peñuela, 2019.....	24
Ilustración 2. Objetivos de desarrollo sostenible. Adaptado de (Naciones Unidas, 2019)”, por García & Peñuela, 2019.	30
Ilustración 3. Flujograma procedimental de la metodología. Adaptado de “Software Excel”; por García & Peñuela, 2019.	39
Ilustración 4. Flujograma procedimental del diseño y ensamblaje del prototipo de árbol solar... 44	
Ilustración 5. Flujograma procedimental de la instalación del sistema solar fotovoltaico del prototipo de árbol solar. Adaptado de “Software Word”; por García & Peñuela, 2019.	46
Ilustración 6. Plano cartográfico del campus Loma Linda. Adaptado del “departamento de infraestructura de la Universidad Santo Tomas”; por García & Peñuela, 2019.	53
Ilustración 7. Conexión del sistema solar fotovoltaico del prototipo. Adaptado de “Google” por García & Peñuela, 2019.	61
Ilustración 8. Diagrama técnico del prototipo árbol Tecasoler. Adaptado, por García & Peñuela, 2019.....	62
Ilustración 9. Prototipo de estructura del árbol solar. Por García & Peñuela, 2019.	63

Lista de gráficos

	Pag.
Gráfico 1. Porcentaje de respuesta a la pregunta #1 del personal encuestado para la percepción socio-ambiental. Adaptado de “Software Excel”; por García & Peñuela, 2019.....	48
Gráfico 2. Porcentaje de respuesta a la pregunta #2 del personal encuestado para la percepción socio-ambiental. Adaptado de “Software Excel”; por García & Peñuela, 2019.....	49
Gráfico 3. Porcentaje de respuesta a la pregunta #3 del personal encuestado para la percepción socio-ambiental. Adaptado de “Software Excel”; por García & Peñuela, 2019.....	50
Gráfico 4. Porcentaje de respuesta a la pregunta #4 del personal encuestado para la percepción socio-ambiental. Adaptado de “Software Excel”; por García & Peñuela, 2019.....	50
Gráfico 5. Porcentaje de respuesta a la pregunta #5 del personal encuestado para la percepción socio-ambiental. Adaptado de “Software Excel”; por García & Peñuela, 2019.....	51
Gráfico 6. Porcentaje de respuesta a la pregunta #6 del personal encuestado para la percepción socio-ambiental. Adaptado de “Software Excel”; por García & Peñuela, 2019.....	52
Gráfico 7. Promedios de Radiación Mensual de los años 2007 al 2016 de Villavicencio-Meta..	55

Lista de anexos

	Pag.
Anexo 1. Mapa de ubicación.	80
Anexo 2. Encuesta.	81
Anexo 3. Prototipo realizado en Render.	83
Anexo 4. Materiales de la Insatención del prototipo de árbol solar.	84
Anexo 5. Ensamblaje del prototipo de árbol solar.	85
Anexo 6. Usuarios suministrando carga energética a sus dispositivos móviles.	89
Anexo 7. Registro de suministro de carga energética a los dispositivos móviles de los usuarios.	91

Resumen

El presente proyecto realizó el diseño e implementación de un sistema de paneles solares como prueba piloto para suministro energético de dispositivos móviles, ubicado en la Universidad Santo Tomás, sede Villavicencio campus Loma Linda. Este consiste en la conversión de la radiación del sol en electricidad, como aporte a la disminución del impacto negativo que afecta actualmente el medio ambiente a nivel global. Para ello se ha implementado una instalación aislada de red o autónoma, debido a su autonomía y facilidad de diseño e implementación, siguiendo los lineamientos básicos del libro proyectos de instalaciones solares fotovoltaicas (Martínez, 2012).

En el presente se expone un método de estudio de tipo descriptivo y cuantitativo basada en una revisión bibliográfica sobre un modelo de planta fotovoltaica que cumpla con los criterios de eficiencia ambiental y económica, que se adapte a las necesidades de demanda de energía para dispositivos móviles de la comunidad de la Universidad Santo Tomás campus Loma Linda, sede Villavicencio a partir de una energía limpia.

Los resultados se analizaron en tres momentos (estadístico descriptivo sobre la percepción socio-ambiental de la comunidad, descriptivo sobre mapas de radiación solar del área, e impacto socio-ambiental después de la instalación), para el primero se realizaron 250 encuestas en el Campus, en el segundo se llevó a cabo la realización de los mapas de radiación solar con datos obtenidos por el IDEAM y por el ultimo se realizaron cálculos sobre la generación de GEI a partir de la implementación del sistema.

Se resalta la pertinencia de emplear sistemas de energías renovables como el usado en este trabajo para aportar a la disminución de la contaminación al medio ambiente, ya que estos permiten disminuir el uso de los recursos naturales no renovables y algunos contaminantes como los combustibles fósiles, el aumento del CO_2 clasificado como un gas de efecto invernadero entre otros.

Palabras Clave:

Árbol solar, Paneles, Energía Renovable, Gases de efecto invernadero.

Abstract

This project carries out the design and implementation of a solar panel system as a pilot test for the supply of energy for mobile devices, located at the Santo Tomás University, campus of the Villavicencio Loma Linda campus, this is a process of conversion of the radiation from the sun in electricity, as a contribution to the reduction of the negative impact on the global environment. For this, an isolated network or autonomous installation has been implemented, due to its autonomy and ease of design and implementation following the basic guidelines of the book projects of photovoltaic solar installations. (Martínez, 2012).

At present, a descriptive and quantitative method of study based on a bibliographic review on a photovoltaic plant model that meets the criteria of environmental and economic efficiency is presented, which is adapted to the energy demand needs for mobile devices. The community of the University Santo Tomás campus Loma Linda, Villavicencio headquarters from a clean energy.

The results were analyzed in three moments (descriptive statistics on the socio-environmental perception of the community, descriptive on solar radiation maps of the area, and socio-environmental impact after installation), for the first 250 surveys were carried out in the Campus, in the second one, the realization of the solar radiation maps with data obtained by the IDEAM was carried out. For the last one, calculations were made on the GEI generation from the implementation of the system.

The relevance of using renewable energy systems such as the one used in this work to contribute to the reduction of pollution to the environment is highlighted, since these allow reducing the use of non-renewable natural resources and some pollutants such as fossil fuels, increase in CO_2 classified as a greenhouse gas among others.

Keywords:

Solar tree, Panels, Renewable Energy, Greenhouse gases.

1. Introducción

Actualmente existen vínculos entre la población, el medio ambiente y los recursos naturales mediados por múltiples factores (González, 2013). El aumento demográfico y la distribución de la población, en busca de suplir sus necesidades básicas ha generado la explotación de los recursos naturales y el uso inadecuado de los mismos, ejerciendo una fuerte presión sobre el medio ambiente y aumento progresivo del consumo de energía eléctrica (Semarnat, 2010).

Según el informe de la Agencia Internacional de Energía (AIE) en el año 2015, la producción y uso actual de energía no es compatible con los requisitos ambientales internacionales, ya que no es sostenible y no cumple con la seguridad energética (Umbarilla, et al, 2015). Dicho informe establece, que el sector energético constituye la emisión de las dos terceras partes de estos gases en la atmosfera, los países industrializados son grandes contribuyentes de gases de efecto invernadero (GEI) que requieren controles y regulaciones más estrictas, mecanismos de desarrollo limpio que promuevan el uso de energías menos contaminantes (IDEAM, 2007).

Cabe resaltar que una de las tecnologías con mayor eficiencia energética es la energía solar fotovoltaica. El potencial energético se mide en radiación solar, calculado en Kilo Watios hora por metro cuadrado al día ($Kw\ h * m^2/d$) (Acevedo, 2016), el promedio mundial del potencial energético es de $3,9Kw\ h * m^2/d$. De acuerdo a las perspectivas del plan energético nacional y la matriz energética del país, Colombia tiene un potencial para la entrada de fuentes fotovoltaicas de $4,5Kw\ h * m^2/d$ cifra por encima del promedio mundial (Murcia, 2016), debido a que su ubicación geográfica es ideal para este tipo de energía, ya que se encuentra en la zona ecuatorial que le permite recibir una constante radiación solar en determinados puntos del territorio, logrando obtener 30% más de radiación solar que otros países, como por ejemplo Alemania que obtiene $3,0Kw\ h * m^2/d$ (Alfonso, 2017).

Según los datos de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), “el potencial del países tan grande que solo usando el 20% de la superficie del Departamento en la Guajira

$6Kw\ h * m^2/d$ de radiación, se alcanzarían 42.000 megavatios de generación solar.” (Alvarez, 2018).

De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta el potencial energético en la región Orinoquía, el presente trabajo tiene como propósito incorporar el uso de tecnologías renovables en la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio campus Loma linda, por medio de un prototipo que incluya el uso de paneles solares que permitan cargar los dispositivos móviles en la comunidad estudiantil y personal administrativo a partir del uso de la energía solar.

Esto con el fin de incentivar a la institución por este tipo de sistema de suministro de carga novedoso y funcional, para que contribuyamos a la solución y mitigación de problemas ambientales, generando un punto de encuentro de interacción social entorno a la utilización de las energías limpias y a su vez un instrumento de mitigación del cambio climático.

2. Planteamiento del Problema

2.1. Descripción del Problema

Actualmente la generación de energía eléctrica convencional requiere de la explotación de los recursos naturales no renovables (Rojas, 2015). Teniendo en cuenta las problemáticas existentes por sobrepoblación mundial, carencia de recursos y sed de energía, se comienza a buscar diferentes alternativas que suplan dichas necesidades, entre las cuales se destaca el sol como la fuente de energía del futuro (García, 2013).

La necesidad de controlar el gasto de energía convencional a nivel mundial, incentiva a la implementación de nuevas alternativas de energía limpias y ecoeficientes con el medio ambiente, de tal forma que se pueda evitar la desmesurada explotación de los recursos naturales no renovables, que generan gran cantidad de contaminantes a la atmosfera, afectan el equilibrio de los ecosistemas y contribuyen al aumento del efecto invernadero y el cambio climático (Fmam, 2009).

A nivel Nacional la Comisión de Regulación de Energía y Gas tuvo una demanda real (promedio) de energía eléctrica durante el primer trimestre del año 2018 en el país de 5463,08 GWh (Espectador, 2019), consumo que ha venido aumentando a través de los años debido al crecimiento poblacional, e incremento de establecimientos comerciales y de plantas industriales. En Colombia se contempla un gran futuro con la implementación de la energía solar, según la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2017), el país cuenta con un potencial positivo de energía solar fotovoltaica frente al resto del mundo, la mayor parte del territorio nacional cuenta con un recurso del brillo solar alrededor de $4,5 \text{ Kw h} \cdot \text{m}^2/\text{d}$ y 12 horas de sol al día en promedio diario anual (Celcia, 2018). Sin embargo, las energías alternativas no se destacan lo suficiente en el país ni la región. Comparativamente la energía eléctrica utilizada en Colombia proviene fundamentalmente de plantas de generación térmica con un (18%) y plantas de generación hidráulica destacándose con un (77%) de dicha energía utilizada (UPME, 2016).

En la región Orinoquía, más específicamente en el Departamento del Meta la principal fuente energética es la hidráulica la cual fue posicionada en segundo lugar en cuanto a emisiones de CO₂ ton/año en la Tercera Comunicación Nacional de Colombia a la Convención Marco sobre el cambio climático 2017(CREG, 2006). Sin embargo, un estudio realizado por Ecopetrol demuestra que el departamento tiene gran potencial energético en fuentes de energía renovables por lo que fue posible realizar un diseño de un parque de energía solar para el municipio de Castilla la Nueva que logrará evitar la emisión de cerca de 14 mil toneladas de CO₂ en un año (Ecopetrol, 2018).

Uno de los sectores que requieren de alto consumo de energía eléctrica es el de las telecomunicaciones, específicamente el mercado de los dispositivos móviles donde se calcula que existen en el planeta alrededor de 1500 millones de celulares inteligentes, cifra que se incrementaría a 5600 millones para 2019 (Martínez, 2014). El uso masivo de estos y otros dispositivos móviles, requieren del suministro de energía, una o varias veces al día. Esto genera un alto consumo que se traduce en mayores costos económicos y dependiendo de la fuente de la energía suministrada, en mayor impacto ambiental (Medio Ambiente, 2017).

Según Mark P. Mills CEO de Digital Power Group y replicado por diversos medios a mediados del año 2017 “los nuevos celulares pueden llegar a consumir más energía en un año que un refrigerador de tamaño mediano; el cual consume aproximadamente 322 kW/h por año, mientras un teléfono inteligente utiliza 388kW/h incluyendo sus conexiones inalámbricas, uso de datos, la carga de batería y el almacenamiento de información” (Martínez, 2014). Esta afirmación pone en evidencia el incremento en la demanda de energía eléctrica y, por tanto, la necesidad de gestar opciones que permitan el acceso a la misma a través de tecnologías que minimicen el impacto ambiental (Vargas, 2014).

De acuerdo a lo anterior, este proyecto, pretende apuntalar los esfuerzos que realiza la Universidad en su compromiso de adhesión a la Red de Pacto Global -particularmente, desde los Objetivos de Desarrollo Sostenible 7, 11 y 12, con el uso de las energías alternativas, realizando un diseño piloto ajustado a las condiciones del Campus, que brinde eficiencia energética, fácil acceso y gran utilidad para la comunidad académica.

2.2. Formulación entorno al problema

¿Cuál es el impacto social y ambiental que genera la implementación de un sistema de paneles solares para el suministro de energía de dispositivos móviles en la Universidad Santo Tomás Campus Loma Linda?

2.3. Hipótesis

Se espera que el impacto social y ambiental sea positivo, tras la aceptación y utilización del prototipo de energía solar por parte de la comunidad estudiantil y administrativa de la Universidad y que la generación del dióxido de carbono (CO_2) clasificado como un (GEI) disminuya desde las instalaciones de la Universidad Santo Tomás Campus Loma Linda.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

- Diseñar e implementar un sistema de paneles solares para el suministro de energía de dispositivos móviles en la Universidad Santo Tomás campus Loma Linda en Villavicencio Meta con el fin de mitigar el impacto ambiental causado por el uso de la energía convencional.

3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la percepción socio-ambiental de la comunidad del campus Loma Linda de la Universidad Santo Tomás para el desarrollo de un prototipo de sistema de energía solar para la carga de dispositivos móviles.
- Diseñar la estructura del prototipo del sistema de paneles solares a partir de algunos materiales reutilizables, ecoeficientes y de bajo costo, ajustado a las condiciones del campus Loma Linda de la Universidad Santo Tomás.
- Evaluar la implementación del prototipo de sistema de paneles solares en el campus Loma Linda de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio Meta.

4. Justificación

En la actualidad, el auge por la tecnología y la facilidad para adquirir dispositivos móviles, ha incrementado la demanda de energía eléctrica convencional, la cual genera diversos impactos negativos para el medio ambiente, y a su vez un alto consumo de energía. “La carga de celulares produce al mes 50,3 toneladas de dióxido de carbono emitidos al medio ambiente” a nivel nacional – “cargar dos veces al día un celular en una fuente solar disminuye el impacto y la afectación al entorno”(Martos & Martínez, 2016).

Según Mark P. Mills CEO de Digital Power Group y replicado por diversos medios a mediados del año pasado “los nuevos celulares pueden llegar a consumir más energía en un año que un refrigerador de tamaño mediano; este consume aproximadamente $322 \frac{\text{Kw}}{\text{h}}$ por año, mientras un teléfono inteligente utiliza $388 \frac{\text{Kw}}{\text{h}}$, incluyendo sus conexiones inalámbricas, uso de datos, la carga de batería y el almacenamiento de información”(Martínez, 2014). De acuerdo a lo anterior, es importante implementar alternativas de energías renovables y sostenibles con el medio ambiente, las cuales deben estar dentro de los criterios de desarrollo sostenible.

Para el caso de la Universidad Santo Tomás, la comunidad estudiantil, en su totalidad, cuenta con dispositivos móviles para mejorar su comunicación y organizar sus actividades tanto personales como académicas mediante la interacción social con personas externas o internas a la universidad. Sin embargo, estos dispositivos usan baterías que requieren energía eléctrica para que funcionen adecuadamente por varias horas, por lo que, al realizar esta actividad con gran cantidad de equipos a la vez, la emisión de gases de efecto invernadero es mayor.

En consecuencia, a lo mencionado anteriormente, surge la idea de generar alguna acción que permita apoyar la misión y la preocupación ambiental de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio Meta y aprovechar los espacios de descanso del campus universitario con el fin de generar puertos de carga, a partir de la energía solar, para dispositivos móviles de la comunidad estudiantil de la Universidad. Lo que se pretende lograr con este diseño novedoso, funcional, de fácil instalación y con requerimiento de poco espacio para ser trasladado a zonas de mayor

concentración de estudiantes, es facilitarle a los estudiantes y personal administrativo un punto de encuentro de interacción social en torno a la utilización de las energías limpias.

5. Alcance

El proyecto se desarrolló en el Campus Loma Linda de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio (con coordenadas geográficas 4°06'36.05''N y 73°39'22,91''O), ubicado en la carrera 48 # 19 - 45 Sur Vía a Acacías (Anexo 1)

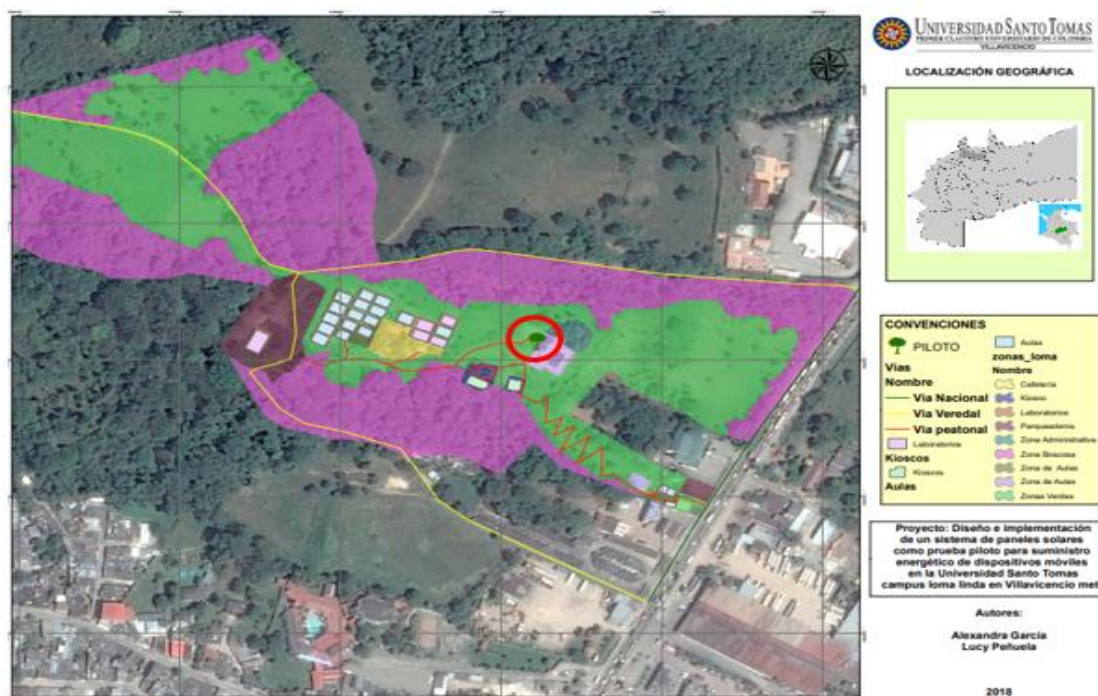


Ilustración 1. Mapa de Ubicación campus Loma Linda. Tomado y modificado de Google Earth 2018 por García & Peñuela, 2019.

En un periodo de 6 meses, dando inicio en el segundo semestre del año 2018, el cual comprende el diseño e implementación de un prototipo de sistema de energía solar para la carga de dispositivos móviles, instalado frente a la cafetería vegetariana.

De esta forma, como aspectos más relevantes para la investigación, se estudió y analizó la información técnica y económica del tipo de sistema fotovoltaico a implementar, así como la incidencia de la radiación solar fotovoltaica en Villavicencio Meta. Beneficiando principalmente

a la Comunidad educativa del Campus Loma Linda de la Universidad Santo Tomas de Villavicencio-Meta.

6. Antecedentes

La energía fotovoltaica se incorpora como una de las alternativas de desarrollo sostenible más importantes en el mundo, desde el punto de vista social, económico y ambiental. A su vez la implementación de energía solar fotovoltaica ha aumentado para el año 2017, acompañada por países como Estados Unidos, China e India originando una innovación energética. Según el informe anual de la Agencia Internacional de Energía, esta creció un 50% convirtiéndose en la fuente de energía que más rápido ascendió como inicio de energía renovable en el mundo (Medio Ambiente, 2018), demostrando que dos tercios (2/3) de la capacidad neta, 165 gigavatios (GW) pertenecen a la energía solar fotovoltaica” (Medio Ambiente, 2018).

A nivel global, se tienen varios escenarios con proyectos en los que se implementa la utilización de la energía fotovoltaica a través de los años, como en la ciudad de Boston en noviembre del año 2013, donde se instalaron varias sillas inteligentes como parte de un programa para integrar tecnologías eco-friendly en los espacios urbanos Seat-e. Al igual que Soofa, esta innovación en arquitectura fue diseñada por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), la cual surge como un programa que busca integrar tecnologías de consumo consciente en los espacios públicos de la ciudad. Cada silla cuenta con unos paneles solares que recolectan energía que además en las noches tienen la capacidad de iluminar los lugares donde se encuentran ubicadas. En los primeros días de ser instaladas las sillas demostraron su eficacia ya que en tres días una sola silla proporcionó 8 horas de carga para 32 celulares (Ortega, 2014).

Durante el año 2014 en la ciudad España, Torrecilla Arroyo Gabriel realizó una investigación y documentación sobre la implementación de un sistema de recargas de motos eléctricas con placas fotovoltaicas y materiales piezoeléctricos como fuente de energía, el prototipo se instaló en San Feliú de Llobregat capital de la comarca del Bajo Llobregat provincia de Barcelona, España, en una zona ideal para la utilización de dicho sistema ya que hay una gran cantidad de flujo de ciudadanos (cuenta con 50.000 habitantes) (Gabriel, 2014).

Otro estudio realizado en la ciudad de San Francisco, California en el año 2015, revela que la instalación de tres estaciones para automóviles fue impulsada como parte de una campaña llamada

Driving on Sunshine, para concientizar a la población del uso de energías renovables, demostrando los beneficios tanto ambientales como de costos para las personas. San Francisco se convirtió en la primer ciudad del mundo en inaugurar tres estaciones de recarga para automóviles, estas estaciones denominadas EV ARC (Electric Vehicle Renewable Charger) categorizadas en nivel 2 lo que quiere decir que son capaces de suministrar cada día hasta 16kWhrs, lo cual se almacenan en una batería de 22kWhr, abasteciendo 161 kilómetros de autonomía diariamente; estas son estaciones móviles que pueden adaptarse en cualquier punto de la ciudad, fueron ejecutadas por el departamento del medio ambiente de San Francisco y la empresa Envisión Solar el presupuesto para cada estación fue de 45 mil dólares costeadas por el Gobierno (Álvarez, 2015).

Para el año 2016 se registró una instalación de 25 estaciones de carga en la ciudad de Nueva York, Street Charge y Goal Zero, con el respaldo de AT&T, alimentadas por energía solar, La estructura, llamada Street Charge, cuenta con tres paneles solares en la parte superior y una batería localizada en el poste lateral de la misma, con seis puertos USB y tiene la capacidad de proveer electricidad a seis teléfonos celulares al mismo tiempo (Pardo, 2013). Estos puntos de carga tienen una potencia de 45 vatios, que brinda diferentes puntos de carga para dispositivos como son: Android, IOS, Smartphone, garantiza su efectividad durante días de lluvia y nubados gracias a sus baterías integradas, fueron llevadas a cabo en Brooklyn, Hudson River Park, Manhattan, y en el Central Park (Pardo, 2013).

Por otra parte, Pablo Lo Zicchio de Global Segment explicó que Colombia es un país con potencia en el tema de energía solar, él asegura que las condiciones del país están dadas para que el desarrollo de sus energías renovables no convencionales sea cada vez mayor, por la ubicación geográfica y la alta radiación solar que hacen recibir un 30% más de radiación (Bohórquez, 2018).

Por esto es indispensable resaltar que Colombia ha realizado aportes para el funcionamiento de energía solar, tales como La Granja Solar en Yumbo, en el departamento del Valle del Cauca en el año 2017. Proyecto ejecutado por Celsia, es la primera planta de generación solar a gran escala la cual funciona a partir de 35,000 paneles solares fotovoltaicos que generan 9,8 Mw de electricidad generando 15,5GWh para suministrarlos a 8,000 viviendas del municipio (Celsia, 2017).

Fue desarrollado por EPSA (Celsia, líder en energías renovables no convencionales para empresas, hogares y ciudades de Colombia), tuvo una duración de seis meses, iniciando en marzo hasta septiembre. Una de las conclusiones más interesantes de la ejecución de este gran proyecto es la minimización de impacto ambiental por la emisión de 160 mil toneladas de CO₂ durante 25 años que es su tiempo estimado de duración, la capacidad de demanda promedio de 8.000 familias. La meta para Celsia fue realizar a mediano plazo la instalación de 250 MW de energía fotovoltaica por medio de granjas de generación solar en Colombia y Centroamérica, actualmente se evalúan alternativas en los departamentos del Valle del Cauca, Bolívar, Santander y Cesar (Celsia, 2017).

En Colombia han surgido diferentes iniciativas en Universidades del país como: en el campus de la Universidad EAFIT de Medellín, crearon una innovadora estación solar que permite cargar celulares, se ubica en frente del Edificio de Ingenierías denominada Ceiba haciendo juego con la imagen verde y características de la Universidad se pueden cargar tablets, portátiles y hasta vehículos eléctricos. El sistema solar fotovoltaico “árbol solar” tiene una capacidad instalada de 1.500 vatios, lo que se traduce al mes en 200 kilovatios/hora, lo que, según Velásquez, permite abastecer de energía por un mes a dos apartamentos tamaño promedio. La ventaja que tiene este sistema es que convierte la energía solar en energía eléctrica de una vez y no tiene que realizar procesos (Colorado, 2019).

La Universidad Autónoma de Occidente en Cali, capital del departamento del Valle del Cauca, también se ha unido a esta alternativa de utilización de energía realizando la implementación de 638 paneles que proporcionan el funcionamiento del sistema solar fotovoltaico más grande del país los cuales suplen el cinco por ciento del suministro de energía en la universidad. Estos pueden generar una potencia de 150 kwp. Este proyecto se llevó a cabo gracias a la coordinación del Grupo de Investigación en Energías con el apoyo de la Rectoría y la División Administrativa y Financiera de la Universidad, en alianza con la Empresa de Energía del Pacífico, EPSA (UAO, 2015).

En los parqueaderos del Sur de la Universidad se encuentran 220 módulos fotovoltaicos, y en la azotea del Edificio Central lo componen 230 paneles; con un total de 638 módulos bajo tecnología HIT, la cual permite la unión de capas de silicio monocristalino con silicio amorfo para brindar mayor eficiencia, conectados a la red eléctrica de la comunidad educativa. Estos módulos generan una potencia de 150 Kwp que podría proveer durante un mes la energía de un promedio aproximado de 95 viviendas, estableciendo una vida útil de 25 años (UAO, 2015).

A nivel local, se han desarrollado estudios sobre este tipo de energía, uno de ellos es la “evaluación de los impactos en la implementación de la energía solar fotovoltaica para una vivienda unifamiliar en la vereda la Cecilia Villavicencio Meta-Colombia) por Ortiz Chacón en su trabajo de grado en el 2018, así mismo En Villavicencio Meta, en el centro comercial Viva, se implementó el primer árbol solar de la Orinoquia el cual funciona con 5 paneles de 40 watts, regulador Sun Saver 20 amperios, inversor de 400 watt, fue ejecutado por la empresa privada LM Energía solar su estructura es metálica y cuenta con ocho (8) toma corriente para conectar los dispositivos móviles; también tiene, en la parte inferior de su estructura, bancas para mejor comodidad de los usuarios. La implementación de este tipo de sistemas de energía solar fotovoltaica contribuye a la concientización de la importancia de utilizar estas energías como una fuente renovable la cual no le causa daños al medio ambiente (Lmenergiasolar, 2018).

La Universidad Santo Tomás del Campus San Alberto Magno en Bogotá, es una de las primeras instituciones universitarias del país en instalar un sistema solar para la autogeneración a través de la diversificación de energía, como una fuente limpia, renovable.

Según el más reciente informe de la Unidad Minero Energética, el sistema solar de la USTA corresponde a uno de los más grandes instalados en un campus universitario. Esta iniciativa se concretó tras la reciente resolución CREG 030 de 2018, la cual establece la conexión de este tipo de tecnologías al Sistema Interconectado Nacional, y también da acceso a los créditos de energía que permiten vender la energía solar que la Universidad no utilice a la red pública (Alvarado,2018).

7. Marco de Referencia

7.1. Marco Teórico

El presente trabajo tiene como objetivo, determinar la percepción de la comunidad de la Universidad Santo Tomás campus Loma linda, frente a la implementación del sistema de carga, para el suministro de energía a sus dispositivos móviles como un factor importante para el desarrollo de tecnologías limpias del campus y de la región de la Orinoquia.

El desarrollo sostenible integra tres aspectos importantes que son; la dimensión económica, social y ambiental, surge a partir de los años sesenta (60), por parte de los impactos ambientales generados y por los límites impuestos por la naturaleza a la exportación desmesurada de los recursos naturales y el crecimiento económico desenfrenado (Xercavins, et al, 2005).

Los Objetivos del desarrollo sostenible (ODS), contribuyen a nivel Global para el acogimiento de las medidas para poner fin a la pobreza, proteger al planeta y garantizar el equilibrio del planeta y una mejor calidad de vida para la sociedad (PNUD, 2017).



Ilustración 2. Objetivos de desarrollo sostenible. Adaptado de (Naciones Unidas, 2019)”, por García & Peñuela, 2019.

Las formas más comunes de producir energía a nivel nacional son la hidroeléctrica y termoeléctrica. Últimamente las energías renovables se emplean con el fin de conseguir un ahorro energético para reducir el calentamiento global, porque con ellas se evita el uso de los combustibles fósiles como el gas natural, petróleo y carbón mineral, ya que para su generación crean impactos ambientales negativos que afectan al medio ambiente. (Mineducacion, 2018)

La energía renovable permite suministrar electricidad, energía térmica y mecánica, produciendo combustibles capaces de cubrir las necesidades de los servicios energéticos; estas tecnologías de energías renovables pueden ser incorporadas en los lugares de consumo o medios rurales y urbanos (Schallenberg, et al, 2008).

La energía solar se encuentra clasificada como un recurso natural perpetuo o perenne, que se ha convertido en un desafío para la ingeniería. El reto está en su captación y su transformación, para mejorar la calidad de vida de los habitantes y mejorar el medio ambiente para futuras generaciones (Ipcc, 2011).

En los últimos años la energía solar ha tomado un papel importante a nivel Global, ya que el costo y la capacidad instalada de la misma se ha depreciado y se observa un crecimiento exponencial, la cual según el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), es una de las pocas tecnologías limpias de baja emisión de carbono.

Los aportes que ofrecen este sistema de generación de energía eléctrica son que no genera gases contaminantes, no consume combustibles, no necesita de recursos como el agua o el viento, no produce ruidos, la mayor producción coincide con las horas de mayor consumo, los sistemas son fáciles de instalar, requieren de muy poco mantenimiento, los módulos gozan de una larga vida, resisten condiciones climáticas extremas, el coste de los componentes disminuye a medida que avanza la tecnología, proporciona ahorros económicos. Es un sistema de aprovechamiento de energía idóneo para zonas donde el tendido eléctrico no llega o es dificultoso y costoso su traslado, tales como zonas rurales aisladas (Ipcc, 2011).

Un recurso natural que se utiliza para la creación de los paneles solares es el silicio, se encuentra de forma natural en la arena en unas cantidades muy apreciables, según la composición química de la corteza terrestre el porcentaje de silicio es del 28%, el silicio que se utiliza en los circuitos integrados, células solares. Para la formación de los paneles es necesario tenerlo en forma pura.

Purificación de silicio: Para llevar a cabo este procedimiento es necesario realizar estas tres fases, y así quedar en su forma pura (Recamán, 2008).

1. Obtención del silicio metalúrgico: es separado del oxígeno mediante una reacción con carbono calentándolo a 1500.2000 °C en hornos eléctricos.
2. Obtención de silicio electrónico o de silicio solar.
3. Obtención del cristal de silicio

El hierro es un metal, no es posible encontrarlo en estado puro en la naturaleza, está formado por parte de numerosos minerales, se deben realizar diferentes etapas para poder utilizar esta materia prima, se lleva a una transformación por medio de la fundición en altas temperaturas (Torres, 2019).

Según la revista Science en China convirtieron el electrolito líquido de las baterías de litio-metal en un electrolito polimérico prácticamente sólido, utilizado en baterías en gel con el electrolito en forma de gel la evaporación de éste es menor, por lo que aumenta su durabilidad y permite un mayor número de ciclos de carga y descarga, más que para las de plomo ácido. Con lo cual nunca puede haber ningún tipo de derrame y tienen un tiempo aproximado de vida útil de 12 años (Rodríguez, 2011).

La energía solar fotovoltaica consiste en la conversión de la luz en electricidad. Dicho procedimiento se consigue con algunos materiales que tienen la capacidad de absorber fotones y emitir electrones, cuando estos electrones libres son capturados, da como resultado una corriente eléctrica empleada como electricidad (Huisa, 2013). La energía captada desde los paneles solares pasa a un regulador de carga, de allí pasa al banco de baterías, el sistema produce corriente continua para suministrar a los dispositivos móviles, dentro del sistema solar fotovoltaico se encuentran todos los accesorios del circuito eléctrico, la estructura del árbol es totalmente móvil en caso de cambiar de lugar para el suministro energético (Magro, 2016).

7.2. Marco Conceptual

A continuación, se especifican algunos de los conceptos básicos utilizados durante el proceso de implementación del sistema solar fotovoltaico.

7.2.1. Energía eléctrica

La energía eléctrica es una forma de energía que se deriva de la existencia en la materia de cargas eléctricas positivas y negativas que se neutralizan, La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía luminosa o luz, la energía mecánica y la energía térmica, la electricidad es una de las formas de energía más importantes para el desarrollo tecnológico debido a su facilidad de generación y distribución y a su gran número de aplicaciones (Epm, 2019).

7.2.2. Energía renovable

Se establece como energía renovable a todo tipo de energía derivado de fuentes solares, geofísicas o que se restauran mediante procesos naturales a un ritmo semejante o superior al de su utilización. La energía renovable se adquiere de los flujos de energía constantes o repetitivos que están presentes en el medio ambiente natural y abarca recursos tales como la biomasa, la energía solar, el calor térmico, la energía hidroeléctrica, la energía mareomotriz, y del oleaje, la energía térmica oceánica, y la energía eólica (Ipcc, 2011).

7.2.3. Sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de equipos eléctricos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. El principal factor de este sistema es el módulo fotovoltaico, a su vez compuesto por células capaces de transformar la energía luminosa incidentes en energía eléctrica de corriente continua. El resto de equipos incluido en un sistema fotovoltaico depende en gran medida de la aplicación a la que está destinado (Perpiñán 2015).

7.2.4. Arboles solares

Los arboles solares son sistemas que se utilizan especialmente para la prestación de servicio de carga de celulares, tabletas, computadores o vehículos eléctricos con un plus que puede ser adaptables al espacio público; los paneles captan la energía solar y la transportan mediante cables al regulador donde luego se almacenan en las baterías, de ahí al inversor y luego a las terminales de salida (Vela, 2015).

Una de las ventajas más importantes de los arboles solares es que, al utilizar energía son una fuente inagotable de electricidad, puesto que es una energía renovable que se puede usar de forma fácilmente, recopilando los rayos del sol mediante las placas fotovoltaicas (Vela, 2015).

7.2.5. Células solares

Las células fotovoltaicas son dispositivos que convierten energía solar en electricidad, en un proceso en el que la luz que incide sobre un dispositivo semiconductor de dos capas produciendo una diferencia del voltaje o del potencial entre las capas. Este voltaje es capaz de conducir una corriente a través de un circuito externo de modo que se pueda producir trabajo útil. Aunque las células fotovoltaicas eficientes han estado disponibles desde mediados de los años 50, la investigación científica del efecto fotovoltaico comenzó en 1839, cuando el científico francés,

Henri Becquerel descubrió que una corriente eléctrica podría ser producida haciendo brillar una luz sobre ciertas soluciones químicas (Trujillo, 2010).

El efecto fue observado primero en un material sólido (el metal selenio) en 1877. Este material fue utilizado durante muchos años para los fotómetros, que requerían de cantidades muy pequeñas de energía. Una comprensión más profunda de los principios científicos, fue provista por Albert Einstein en 1905 y Schottky en 1930, la cual fue necesaria antes de que células fotovoltaicas eficientes pudieran ser confeccionadas. Una célula fotovoltaica de silicio que convertía el 6% de la luz solar que incidía sobre ella en electricidad fue desarrollada por Chapin, Pearson y Fuller en 1954, y esta es la clase de célula que fue utilizada en usos especializados tales como satélites orbitales a partir de 1958

Las células fotovoltaicas de silicio disponibles comercialmente en la actualidad tienen una eficiencia de conversión en electricidad de la luz solar que cae sobre ellas de cerca del 18%, a una fracción del precio de hace treinta años. En la actualidad existen una gran variedad de métodos para la producción práctica de células fotovoltaicas de silicio (amorphas, monocristalino o policristalinos) (Camelo ,2008).

Existen dos tipos de sistemas en la actualidad, el sistema aislado que hace posible el uso del recurso en asentamientos urbanos a los cuales no llega la red eléctrica habitual, donde resultan competitivos con los sistemas convencionales, tanto en términos económicos como de fiabilidad de suministro (entre otros usos) y el interconectado a la red, que permite producir energía en condiciones adecuadas para ser inyectada a la red (Fernández, 2008).

De modo similar, hay diferentes tipos de paneles solares, que conforman los sistemas solares fotovoltaicos; algunos de los más usados en el mercado están hechos de silicio monocristalino, ya que es un material en el que la red cristalina es continua y no está interrumpida por bordes de grano hasta los bordes de la muestra; de silicio Policristalino, que es un material sólido compuesto por más de un cristal o grano y por último de silicio amorfo, los cuales no siguen una estructura cristalina y a su vez son más finos y transformarle, lo que les permiten en algunos casos su adaptación a superficies irregulares (Fernández, 2008).

7.2.6. Tipo de módulos fotovoltaicos y sus células

Existen distintas formas de prototipos de paneles solares en función de los materiales empleados, los procedimientos de fabricación que se emplean.

9.2.2.4 Silicio Monocristalino

Los paneles de silicio monocristalino se integran de secciones de un único cristal de silicio, con bordes recortados y estructura circular. La fabricación es más gradual conlleva un mayor gasto energético que los paneles policristalinos, su uso es más frecuente en climas fríos con tendencia de tormenta o niebla, ya que este tipo de placas solares tienden a absorber mejor la radiación, y tolera menos el sobrecalentamiento (Fernández, 2019).

9.2.2.5 Silicio Policristalino

La fabricación de estos paneles está compuesta por células de silicio Policristalino mediante la unión de varios cristales de silicio. Suministra la tensión perfecta para instalaciones de un consumo promedio bajo, tiene una gran rapidez en el proceso de calentamiento, es óptimo en climas habitualmente cálidos (Fernández, 2019).

7.3. Marco Legal

Las normas que regulan el uso de la energía solar térmica y fotovoltaica en Colombia, son las normas técnicas publicadas por ICONTEC. Se dividen en dos grandes grupos, uno es el de normas que tratan sobre sistemas de energía solar y se refieren a colectores solares, es decir dispositivos que convierten la energía solar en energía térmica; y las otras normas, son aquellas que tratan sobre

sistemas fotovoltaicos, que permiten convertir la energía lumínica en energía eléctrica (Álvarez & Alzate, 2012). (Tabla 1)

Tabla 1. Marco legal

Ley / Normas	Descripción
Ley 1715 del 13 mayo de 2014	Por la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético Nacional.
NTC 1736	Sobre energía solar, definiciones y nomenclatura.(Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
NTC 2775	Energía solar, fotovoltaica, terminología, definiciones.
NTC 5513	Dispositivos fotovoltaicos, parte 1: medida de las características, intensidad, tensión de los módulos fotovoltaicos.
NTC 5678	Campos fotovoltaicos de silicio cristalino, medida en el sitio de característicos.
NTC 5549	Sistemas fotovoltaicos terrestres, generadores de potencia, generalidades y guía.
NTC 5627	Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos, calificación del diseño y ensayos ambientales.
Ley 143 de 1994 se crea la CREG	Es función de la Comisión de Regulación de Energía y Gas regular el ejercicio de las actividades, de los sectores de energía y gas, combustible para asegurar la disponibilidad de una oferta energética eficiente.
Ley 143 de 1994 y por decreto 1258 del 2013 crea la UPME	La Unidad de Planeación Minero Energética, adopta el sistema de información de eficiencia energética y energías alternativas.

Nota. Normatividad ambiental a nivel nacional e internacional. Adaptado de “ley 1715 del 13 mayo de 2014”, “NTC 1736”, “NTC 2775”, “NTC 5513”, “NTC 5678”, “NTC 5549”, “NTC 5627”; por García & Peñuela, 2019.

8. Metodología

La energía solar fotovoltaica consiste en la conversión de la radiación del sol en electricidad. Esta forma de energía renovable tiene dos tipos de Instalaciones, una de conexión a red y otra aisladas de red o autónomas (Abella, 2019).

La selección del modelo se basa en variables como eficiencia ambiental y económica, generación de energía, impacto ambiental, por ello el tipo de instalación de sistema solar fotovoltaico que se implementó en el proyecto ejecutado fue aislado de red debido a su autonomía y facilidad de diseño e implementación del mismo, para esto se siguieron los lineamientos básicos del libro proyectos de instalaciones solares fotovoltaicas (Martínez, 2012).

La metodología de estudio que se llevó a cabo es de tipo descriptiva y cuantitativa basada en una revisión bibliográfica sobre un modelo de planta fotovoltaica que cumpla con los criterios de eficiencia ambiental y económica, que se adapte a las necesidades de demanda de energía para dispositivos móviles de la comunidad de la Universidad Santo Tomás campus Loma Linda, sede Villavicencio a partir de una energía limpia.

A continuación, se describen las fases para el desarrollo efectivo del proyecto, ilustradas por un flujograma procedimental donde se observarán las diferentes fases con sus respectivas actividades para dar cumplimiento a los objetivos planteados.

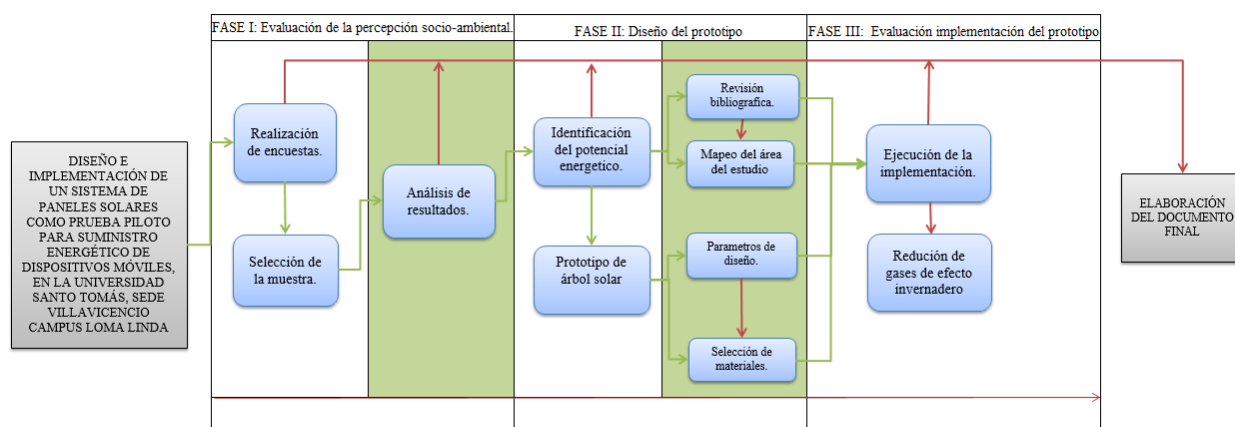


Ilustración 3. *Flujograma procedimental de la metodología. Adaptado de “Software Excel”; por García & Peñuela, 2019.*

8.1. Fase I. Evaluación de la percepción socio-ambiental

8.1.1. Realización de encuestas

La ejecución de esta fase se realizó por medio de encuestas como técnica de recolección de datos que consto de una serie de preguntas cerradas a la comunidad estudiantil y personal administrativo de la Universidad Santo Tomás campus Loma Linda.

Las preguntas se realizaron teniendo en cuenta: la aceptación del sistema, el uso potencial, las necesidades de los posibles usuarios del sistema, entre otras con el fin de evaluar y tener información de la comunidad desde el punto de vista ambiental, social, uso y complemento del diseño del prototipo adaptado a las condiciones y necesidades de la comunidad del campus Loma Linda universidad Santo Tomás, sede Villavicencio Meta (Anexo 2).

8.1.2. Selección de la muestra

Para la selección de la muestra encuestada, se utilizó el método de muestreo probabilístico aleatorio simple, el cual permite que cada miembro de la población presente tuviera la misma probabilidad de ser escogido para la realización de la encuesta, el tamaño de la muestra se halló con la siguiente ecuación (Pimienta, 2003).

$$n = \frac{((z)^2) * p * q * N}{((e)^2) * (N-1) + ((z)^2) * p * q}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra requerida

N: tamaño de la población

Z: nivel de confianza (85% que equivale a 1,44)

P: probabilidad a favor (0,5)

q: probabilidad en contra (0,5)

e: error muestral (0,05)

8.1.3. Análisis de encuestas

El análisis de las encuestas se realizó por medio de la estadística descriptiva, (moda, media y mediana) debido a que esta permite recolectar y caracterizar un conjunto de datos con el fin de describir las características y comportamientos mediante tablas y gráficos, para sistematizar y graficar los resultados obtenidos en las encuestas, se utilizaron los softwares estadísticos IBM SPSS y Microsoft office Excel (Microsoft, 2010).

8.2. Fase II. Diseño del prototipo

8.2.1. *Identificación del potencial energético solar*

Para el estudio preliminar del proyecto, se llevó a cabo una revisión bibliográfica de información secundaria que consistió en una consulta exhaustiva basada en libros, tesis de maestrías, bases de datos de radiación solar como el IDEAM, entre otras, para establecer el estado del arte y adquirir un conocimiento más amplio sobre el funcionamiento y aplicabilidad del sistema solar fotovoltaico, extrayendo los diferentes procedimientos y metodologías utilizados por los autores y combinarlos con la parte, teórico – práctica, desarrollando así, un modelo de sistema de paneles ajustado a las condiciones requeridas.

8.2.2. *Parámetros de diseño*

El diseño e implementación del sistema solar fotovoltaico, se calculó mediante el uso de las ecuaciones tomadas del manual con las cuales, se determinaron las dimensiones para el sistema, permitiendo representar de manera gráfica el prototipo de sistema a implementar en 2D, para esto se hizo uso de del programa AutoCAD versión 2018 y Luminion versión 6.0 para culminación del render en 3D el cual permitió tener una visualización centralizada del modelo para la búsqueda de los materiales. (Vela, 2015) Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes.

9.2.2.6 *Consumo medio diario*

$$Whd = W * h$$

Donde:

Whd= consumo energético diario (Watios hora día)

W= Potencia unitaria del equipo (Watios)

h= Número de horas uso diario

9.2.2.7 Cálculo de número de paneles

$$n_{panel} = \frac{Whd}{(P_{PMM} * HSP * PR)}$$

Donde:

Npanel= número de paneles

Whd= consumo energetico diario

HSP= horas de sol pico

P_{MPP} = la potencia pico del módulo en condiciones estándar de medida STC

PR =el factor global de funcionamiento que varía entre 0.65 y 0.90.

9.2.2.8 Capacidad de banco de baterías

$$cnd(Ah) = \frac{cmd * (Wh)}{Vbat}$$

Donde:

Cnd(Ah)= capacidad de bateria en amperios

Cmd= consumo medio diario

Wh= watios

Vbat= voltaje de la bateria

8.2.3. Selección de materiales, construcción y ensamblaje del prototipo de árbol solar

Para la selección de los materiales a utilizar se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones.

- En su mayoría, los materiales fueron de tipo reciclable.
- Los materiales seleccionados fueron de coeficientes y de bajo costo.
- Durabilidad, resistencia, maleabilidad y soporte.

Para la selección del tipo de material para la construcción del árbol se evaluó los siguientes aspectos;

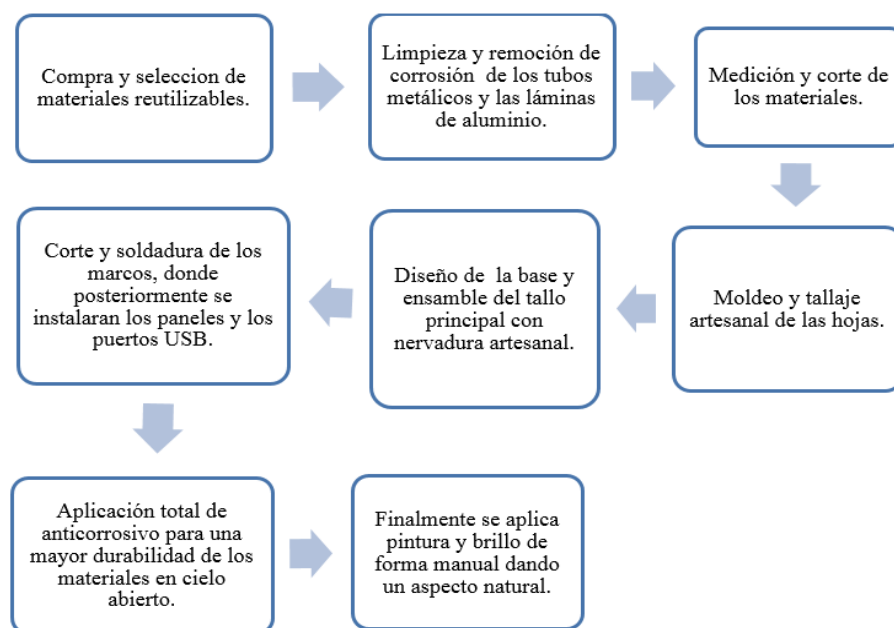
- La madera tiene poca resistencia y durabilidad, ya que es susceptible a sufrir alteraciones por diferentes factores como la humedad e insectos, especialmente si queda en ambientes externos expuestos a factores atmosféricos y a lo largo del tiempo no cuenta con larga durabilidad.
- El Aluminio puede generar a futuro revestimiento de óxido de aluminio formado sobre él, el precio es elevado y no hay opciones de reciclaje, requiere de procesos especiales para ser soldado.
- El Hierro, tiene una particularidad de adsorción al calor, pero es un tipo de material con mayor capacidad de durabilidad, de bajo costo, resistente a la corrosión, facilidad en la fundición, soldadura y maleabilidad, de esta manera se puede dar el tipo de diseño requerido para el prototipo de diseño del árbol.
- Se realizó una cotización, haciendo una comparación entre los precios de materiales nuevos y materiales reciclados como se observa a continuación.

Tabla 2. Relación de precios en correlación en los materiales nuevos y reciclados.

Material nuevo	Precio	Material reciclado	Precio
Tubo galvanizado	\$ 375.000	Tubo galvanizado	\$ 185.000
Láminas en aluminio	\$ 234.000	Láminas en aluminio	\$ 155.000
Tubo metálico de 2” (metro)	\$ 15.000	Tubo metálico de 2 pulgadas (metro)	\$ 6.500
varilla metálica de ½” 6 metros	\$ 15.000	Varilla metálica de ½” 6 metros	\$ 10.000
Total	\$ 639.000	Total	\$ 350.000

Nota. Precios cotizados en la ferretería hierros del Ariari Nit: 19223918-2 y la Ecoacacias 1 Asociación de recicladores Carrera 19 N° 15-4, por García & Peñuela, 2019.

Se procedió a la construcción y ensamblaje del prototipo de un árbol solar como se observa en el flujograma Ilustración 4.

**Ilustración 4.** Flujograma procedimental del diseño y ensamblaje del prototipo de árbol solar.

Adaptado de “Software Word”; por García & Peñuela, 2019.

Para la compra y selección de los paneles solares, batería e inversor se solicitó la cotización a 5 empresas proveedoras Tabla 3, de forma magnética vía (e-mail), informándoles acerca del proyecto y suministrando los datos obtenidos en los parámetros de diseño del prototipo de árbol solar.

Tabla 3. Proveedores de los elementos del sistema solar fotovoltaico.

Nombre	Teléfono	E-mail	Página web	Ciudad
Genair	320 692 5571	genairsolution@g mail.com	NA	Villavicencio Meta
Coexito	320 688 4949	servicioalcliente@coexito.com.co	www.coexito.com	Villavicencio Meta
Ecossol	316 690 9200	info@ecossol.co	www.ecossol.co	Bogotá D.C.
Greencol energy	310 815 8071	comercial@greencolenergy.com	www.greencolenergy.com	Bogotá D.C.
Amvar world	311 607 5731	ventas@amvarworld.com	www.amvarworld.com.co	Cali Valle

Nota. Empresas comercializadoras de los equipos para la implementación del sistema de energía solar fotovoltaica, por García & Peñuela, 2019.

A partir de lo anterior, se obtuvo respuesta acerca de los precios y los productos ofrecidos por cada una de las empresas, la empresa Coexito S.A.S y Ecossol ofrecen una gama de productos fabricados por Canadiansolar, Steca Y Voltronic; reconocidos por la evaluación PVUSA de la Comisión de Energía de California como los más estrictos en su control de calidad, asesoría y soporte técnico, ofreciendo productos de última tecnología y con la mayor eficiencia energética, ahorro de energía y medio ambiente.

8.3. Fase III. Evaluación Implementación del prototipo

8.3.1. Ejecución de la implementación

La instalación se llevó a cabo con la ayuda de personal especializado en el tema para obtener resultados eficientes y no tener inconvenientes con la parte eléctrica ni técnica del montaje, cabe resaltar que este tuvo un costo adicional en el proyecto observar Ilustración 5.

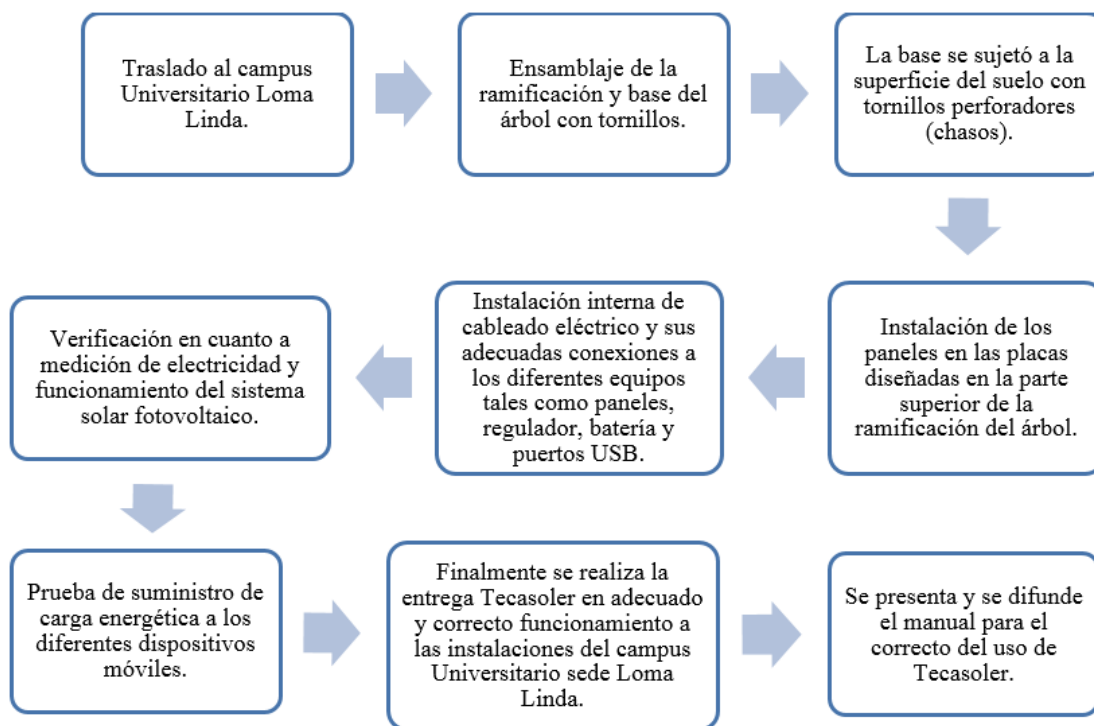


Ilustración 5. Flujograma procedimental de la instalación del sistema solar fotovoltaico del prototipo de árbol solar. Adaptado de “Software Word”; por García & Peñuela, 2019.

8.3.2. Reducción de gases de efecto invernadero (GEI)

Para el cálculo de la reducción del dióxido de carbono al medio ambiente por la implementación del proyecto, se escogió la metodología implementada por la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética), la cual estima los factores de emisión FE del sistema interconectado nacional Colombia SIN, con el fin de aplicarse a proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y de inventarios de emisiones de Gases Efecto Invernadero-GEI, huella de carbono o Factor de Emisión de la Generación Eléctrica (Mix Eléctrico) (Bonilla, Herrera, & Puertas, 2017)

$$\text{Reducción de CO}_2 = \text{Electricidad generada} * \text{F. de emisión CO}_2 (\text{Ton CO}_2/\text{Mwh})$$

9. Resultados y Análisis

Dando respuesta a los objetivos planteados y a la metodología del proyecto se obtuvieron los siguientes resultados.

9.1. Percepción socio-ambiental

Para el desarrollo de la primera fase se realizó una encuesta teniendo en cuenta las condiciones que se mencionaron anteriormente en la metodología (Anexo 2).

Para obtener la población encuestada se llevó a cabo la ejecución de la ecuación de la selección de la muestra, la cual arrojó un resultado de 250 personas a encuestar.

$$n = \frac{((1,44)^2) * 0,5 * 0,5 * 989}{(((0,05)^2) * (989 - 1) + ((1,44)^2) * 0,5 * 0,5)}$$

$$n = 250 \text{ encuestados}$$

Se realizaron las encuestas a la muestra poblacional mencionada anteriormente, de la cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Pregunta 1. ¿Cuál es su cargo en la Universidad Santo Tomás campus Loma linda?

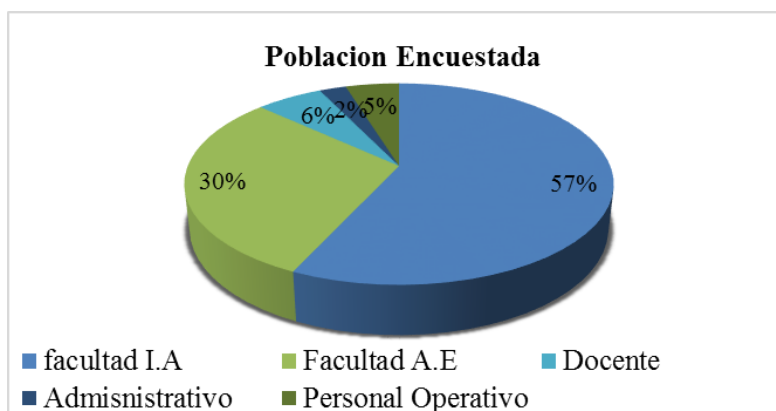


Gráfico 1. Porcentaje de respuesta a la pregunta #1 del personal encuestado para la percepción socio-ambiental. Adaptado de “Software Excel”; por García & Peñuela, 2019.

A partir del Gráfico 1 se puede inferir que la población encuestada, en su mayoría son estudiantes, con un porcentaje del 87%, dentro del cual participó la facultad de Ingeniería Ambiental con un 57% de intervención y la facultad de Administración de Empresas Agropecuarias con un porcentaje del 30%, donde también participaron docentes con un 6%, personal administrativo 2% y 5% personal operativo.

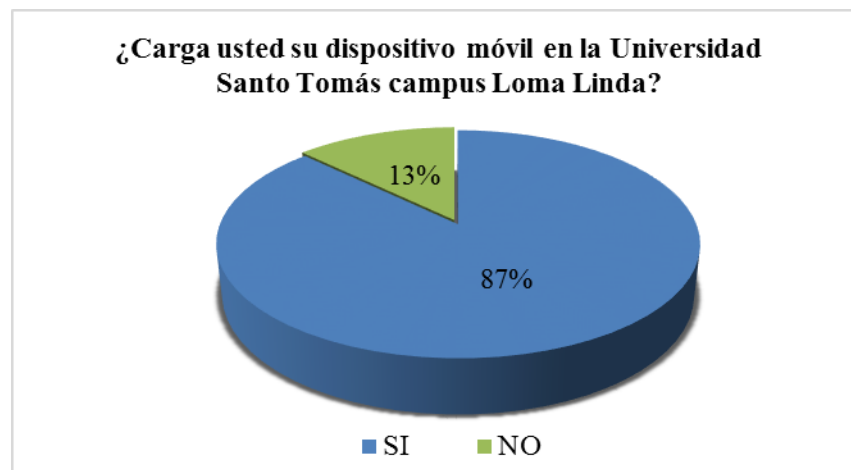


Gráfico 2. Porcentaje de respuesta a la pregunta #2 del personal encuestado para la percepción socio-ambiental. Adaptado de “Software Excel”; por García & Peñuela, 2019.

Del Gráfico 2 se puede apreciar que el 87% de la población encuestada hace uso de la energía eléctrica convencional, suministrada por las instalaciones del campus universitario para cargar su dispositivo móvil, y el 13% de la población encuestada no le suministra carga energética a su dispositivo móvil dentro de las instalaciones del campus Loma Linda.



Gráfico 3. Porcentaje de respuesta a la pregunta #3 del personal encuestado para la percepción socio-ambiental. Adaptado de “Software Excel”; por García & Peñuela, 2019.

La anterior pregunta de la encuesta indicó que el 98% de la población está dispuesta a cargar su dispositivo móvil a partir de una fuente de energía renovable en el campus Loma Linda. Este porcentaje permite identificar que la comunidad está dispuesta a contribuir con el cambio de energía eléctrica convencional a una fuente de energía eléctrica renovable y que la implementación del diseño solar fotovoltaico tiene gran aceptación por la comunidad y se espera tenga un mayor uso. Como se puede observar en el Gráfico 3.

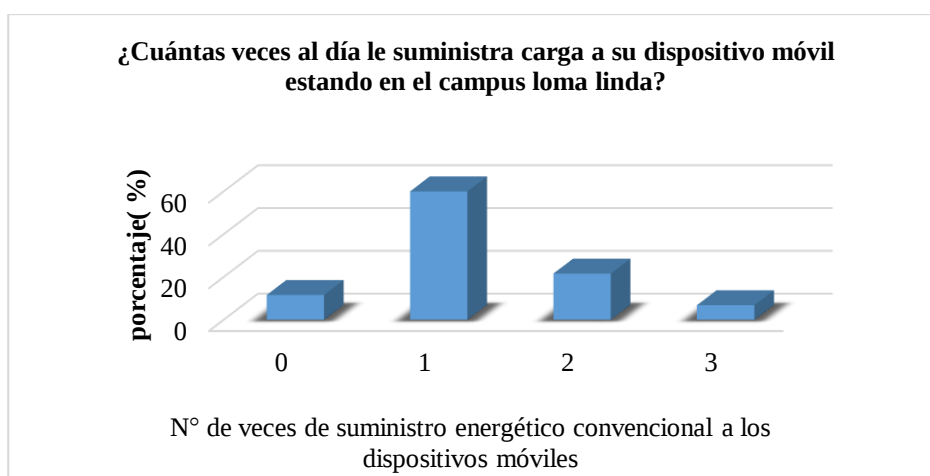


Gráfico 4. Porcentaje de respuesta a la pregunta #4 del personal encuestado para la percepción socio-ambiental. Adaptado de “Software Excel”; por García & Peñuela, 2019.

Según los resultados obtenidos en el Gráfico 4 de la comunidad encuestada el 60 % de los estudiantes le suministra una vez al día carga a su dispositivo móvil, el 21,60 % le suministra 2 veces al día, el 6,80% le suministra 3 veces al día, y el 11,60% de la comunidad encuestada no suministra carga eléctrica a su dispositivo móvil en el campus, este porcentaje principalmente lo representan los docentes y el personal operativo.

Con el fin de determinar la demanda de energía eléctrica utilizada por la población encuestada, fue importante realizar la pregunta del Gráfico 4, con el objetivo de instaurar un número de puertos de carga USB para el prototipo de sistema de paneles solares, determinando la cantidad de veces al día del suministro de carga energética convencional a los dispositivos móviles en el campus Loma linda.

El 37,20% de población encuestada tiene una durabilidad de carga del celular entre 5-8 horas al día, el 22,40% tiene cargada la batería durante 3-5 horas, el 21,20% posee una durabilidad de carga del celular todo el día, y el 19,20% dura de 1-3 horas tiene tal como se observa en el Gráfico 5, cabe resaltar que la duración de carga de los dispositivos móviles depende del uso y del Smartphone que el usuario posee.

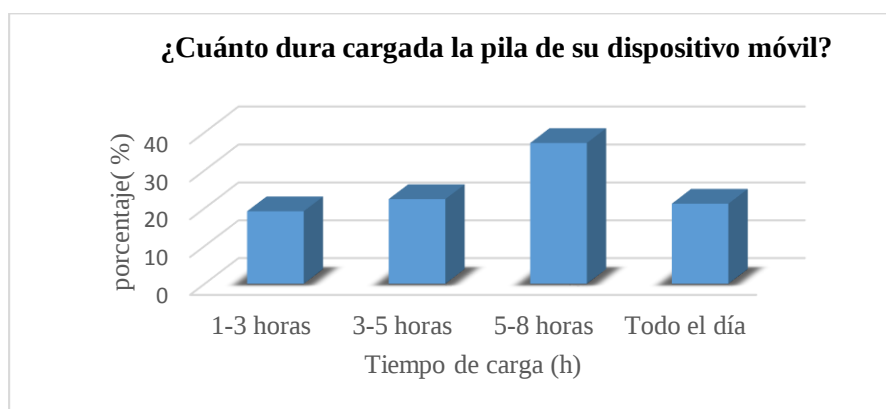


Gráfico 5. Porcentaje de respuesta a la pregunta #5 del personal encuestado para la percepción socio-ambiental. Adaptado de “Software Excel”; por García & Peñuela, 2019.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Gráfico 6, se puede inferir que la mitad de la población encuestada 50,8 % sugiere que el prototipo de sistema de paneles solares para la carga de dispositivos móviles sea instalado frente a la cafetería vegetariana, el 32% de la población sugirió la cafetería central, el 10% detrás de la casa administrativa y el 6% restante de la población encuestada frente a la fotocopidora.

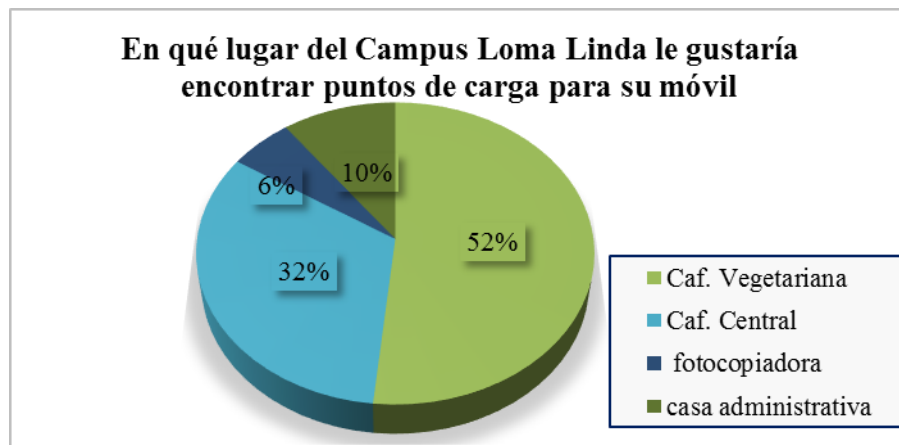


Gráfico 6. Porcentaje de respuesta a la pregunta #6 del personal encuestado para la percepción socio-ambiental. Adaptado de “Software Excel”; por García & Peñuela, 2019.

9.1.1. Mapa de ubicación del prototipo de árbol solar fotovoltaico



Ilustración 6. Plano cartográfico del campus Loma Linda. Adaptado del “departamento de infraestructura de la Universidad Santo Tomas”; por García & Peñuela, 2019.

De acuerdo a los criterios de diseño e instalación tenidos en cuenta y lo sugerido por la población encuestada en el Gráfico 6, se instaló el prototipo de sistema de paneles solares “Árbol solar” frente a la cafetería vegetariana, ya que es el lugar más apropiado por su ubicación, gracias a que esta zona no cuenta con presencia de cobertura vegetal y no impide la radiación directa del sol al sistema solar fotovoltaico, tal cual como se observa en el plano del campus universitario Loma Linda en la Ilustración 6, suministrado por la Arquitecta Sandra Milena Garavito, encargada de la infraestructura del campus. Además, se presenta un mayor flujo de la comunidad universitaria en esta zona.

9.2. Diseño del prototipo de árbol solar

9.2.1. Estimación de la radiación solar en la Universidad Santo Tomas Campus Loma Linda

De acuerdo a los diferentes instrumentos que miden la radiación solar en las diferentes estaciones se recurrió a los datos de la radiación solar horizontal incidente para la ciudad de Villavicencio, los cuales fueron obtenidos del Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales (IDEAM), suministrados por la estación meteorológica ICA Villavicencio, se estimaron los datos de radiación solar de la Universidad Santo Tomas campus Loma Linda, los datos respectivos son consolidados desde el año 2007 hasta el 2016, expuestos en la Tabla 2 que se presenta a continuación :

Tabla 4. Datos de promedios mensuales de radiación obtenidos de la estación del ICA de Villavicencio-Meta

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.
2007			3968	4687,3			4880,5	4255,9	4832,8	4798,3	4862,2	4422,2	4588,4
2008	4797	4302,1	4644,2	4258,1	4123,8	3760,3	4183,2	4886,5	5080,6	5034,8	4554,5	4667,3	4524,4
2009	4552	4814,7	3983,2	3925,3	4636,9	4098,6	4031,6	4881	5505,7	5129,8	5054,8	5400,4	4667,8
2010	5873	5213,6	4689,6	3980,3	4055,7	4095,8	4041,8	3959,9	5173,2	5092,3	4534,3	4619	4610,7
2011	5318,6	4136,7	4143,2	4311	3516,8	4116,6	4068,7	4891,1	5191,8	4727,3	4682,8	4591,5	4474,7
2012	4570,6	4620,9	3969,4	4243,3	4244,3	4480,5	4105,7	3721,4	4897,1	5232,2	5237,3	5007,8	4527,5
2013	5273,3	4472,4	4443	4568,9	4530,4	4879	4352,8	4607,9	5248,1	5548,8	4724,7	5142	4815,9
2014	5439,6	4988,4	4679,2	4766,9	4922,6	3809	4389,3	4449,4	5321,8	4721,5	4621,4		4736,5
2015		5317,6	4412,3	4762,9	4853,5	4360,9	4941,5	5130,3	5704,8	5631,3	5279,6	5393,4	5077,9
2016	5835,4	4806,7	4826,7	4561,8	4853,5	4582,3	4586	5068,6	5690,8	5117,8	4621,2	5081,1	4969,3
Prom.	5207,4	4741,5	4375,9	4406,6	4422,1	4242,6	4358,1	4585,2	5264,7	5103,4	4817,3	4925	4704,1

Nota. Las unidades son $\frac{Wh}{m^2}$ de radiación acumulada diaria. El código de la estación del ICA es 35035100 de Villavicencio-Meta; Adaptado por García & Peñuela, 2019.

De acuerdo a los datos suministrados por la estación meteorológica ICA , se logró evidenciar que el promedio anual de radiación solar horizontal en Villavicencio es de $4,7 \frac{kWh}{m^2}$ (ver Tabla 4), el cual es mayor al promedio Nacional que es de $4,5 \frac{kWh}{m^2}$ y a su vez al Mundial, siendo este de

$3,9 \frac{kWh}{m^2}$ (Beltrán, 2016), lo cual hace de Villavicencio una Ciudad óptima para la implementación de energías limpias como la energía solar fotovoltaica.

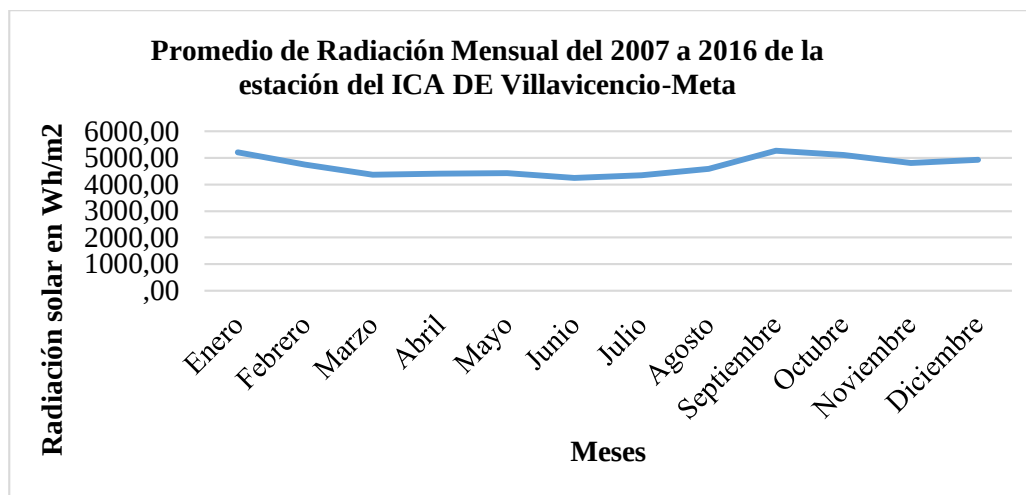


Gráfico 7. Promedios de Radiación Mensual de los años 2007 al 2016 de Villavicencio-Meta.

Adaptado de “Software Excel”; por García & Peñuela, 2019.

La radiación solar en Villavicencio Meta, varía en un rango de $4,0 \frac{kWh}{m^2}$ y $5,2 \frac{kWh}{m^2}$, presentando variaciones mínimas como se puede observar en el Gráfico 7 en el mes de junio con un rango de promedio de $4,2 \frac{kWh}{m^2}$, siendo este el rango más bajo en incidencia de radiación solar para el prototipo de sistema solar fotovoltaico, esto se debe a que los meses con más días de nubosidad y de lluvia son los meses de mayo y junio (Weather, 2019).

Según el atlas de radiación solar de la UPME, existen regiones del país como la Guajira parte de la Costa Atlántica, Departamentos de Arauca, Casanare, Vichada y el Meta, entre otros, presentan niveles de radiación por encima del promedio nacional alrededor de los $6,0 \frac{kWh}{m^2}$ promedios comparables con algunas de las regiones con mejor recurso en el mundo como es el caso del desierto de Atacama en Chile, los estados de Arizona y Nuevo México (UPME, 2016).

9.2.2. Parámetros de diseño

9.2.2.1. Demanda de energía

Con el objetivo de calcular el consumo eléctrico diario de los dispositivos móviles para el prototipo de sistemas de paneles solares, el cual se tomó a criterio personal, se procedió a calcular el potencial de energía que requieren los equipos.

Al final se multiplicó la potencia por las horas/día de uso, de esta forma se calculó el consumo teórico diario, seguidamente esta energía teórica, deberá dividirse por el rendimiento de la instalación que por lo general están entre el 80% y el 95%, obteniendo la energía real diaria que necesita la instalación.

Tabla 5. Demanda energética.

Equipo electrónico	Cantidad	Potencia amperios (A)	Consumo en A/h	Horas consumo día (h)	Total de energía necesaria (A)* margen de seguridad 20%
Celular	16	0,5	9,6	10	96

Nota. Demanda energética diaria, por García & Peñuela, 2019.

En la Tabla 5 se obtuvo el consumo medio diario para la instalación a la cual se aplicó un 20% como margen de seguridad recomendado, también se tuvo en cuenta las pérdidas por rendimiento de la batería y del inversor en la instalación.

9.2.2.2. Dimensionamiento del generador fotovoltaico

Para el dimensionamiento del prototipo de sistema solar fotovoltaico se hizo uso de un panel con una potencia de 160 w, teniendo en cuenta las pérdidas del sistema.

$$n_{panel} = \frac{96}{(160 * 4,2 * 0,90)} = 1$$

De acuerdo al módulo elegido fue necesario 1 panel de 160w, pero se decidió por estética y diseño del ensamblaje 2 paneles de 80w, lo cual cumple la misma potencia requerida para la estación. Ver (Anexo 3).

Tabla 6. Cotización y comparación de precios entre las empresas seleccionadas.

Proveedor	Cant	Genair	Coexito	Ecossol	Greencol energy	Amvar world
Paneles policristalinos a 12 voltios. Panel solar 80w 12v solartech	2	398.550	514.080	387.500	418.000	456.000
Batería sellada 150 Ah 12v, Gel. Motoma	1	928.199	1.020.834	707.860	1.169.000	1.326.000
Regulador de 30 Ah	1	132.000	320.000	65.000	333.000	102.600
Puertos USB de 2 entradas	8	72.800	No vende	64.000	No venden	115.600
Cableado encauchetado Dúplex	10 m	98.000	No vende	55.000	No venden	80.000
Instalación	1	500.000	No	442.000	No	No
Total		2.129.549	1.854.914	1.721.360	1.920.000	2.080.200

Nota. Relación de precios de las diferentes empresas cotizadas a nivel nacional. Por García & Peñuela, 2019.

De acuerdo a la calidad y precio de los productos ofrecidos por los diferentes proveedores, se seleccionó la empresa ECOSSOL, debido a que esta fue la empresa con menor valor en la cotización, esto debido a nuestra pertenencia a una institución de educación superior ofrecieron un descuento adicional, de igual forma brindaron una mejor asesoría sobre el diseño e instalación del

sistema solar fotovoltaico, por otra parte dieron una mayor garantía en cuanto tiempo y calidad de los equipos a utilizar, Tabla 6.

9.2.2.3. Características del panel seleccionado para el prototipo de árbol solar

Los módulos Solartech son fabricados en base a celdas fotovoltaicas de silicio Policristalino de alta eficiencia.

Para protegerlas de los agentes atmosféricos y aislarlas eléctricamente, las celdas son encapsuladas con material plástico EVA (etil-vinilacetato) estable a la radiación ultravioleta. El frente expuesto al sol es de vidrio templado de alta transparencia (bajo contenido de hierro) y de 3 mm de espesor, lo que le otorga una mayor resistencia al impacto. La cara posterior es de TPE, una lámina plástica compuesta de elevada resistencia mecánica y eléctrica.

El marco de aluminio anodizado asegura la rigidez estructural y facilita su instalación. La caja de conexiones fijada a la cara posterior permite la interconexión con los otros componentes del sistema.

Se hizo uso de los paneles policristalinos, ya que son recomendados para la instalación en climas cálidos, estos absorben el calor a una mayor velocidad lo cual afecta en menos medida al sobrecalentamiento, también son los más empleados por su bajo costo y gran eficiencia (AutoSolar, 2019).

Tabla 7. Características eléctricas del panel.

<i>Características Eléctricas</i>	
<i>Potencia Nominal (PN)</i>	80 Wp
<i>Tensión a PN</i>	19.1 V
<i>Corriente a PN</i>	4.20 A
<i>Tensión de circuito abierto</i>	22.5 V
<i>Corriente de corto circuito</i>	4.46 A

Nota. Características eléctricas del panel seleccionado para el diseño según los cálculos realizados, por García & Peñuela, 2019.

9.2.2.4. *Aporte energetico diario de los paneles solares*

Para calcular el aporte diario de los paneles solares se tuvo en cuenta las condiciones mínimas de funcionamiento del prototipo, calculada en la Tabla 5, la corriente eléctrica es proporcional a la radiación que incide sobre el panel, cada panel de 80 watios produce al día 8 A (Amperios) y la sumatoria de los 2 panales dan una producción de 16 A multiplicado por las horas pico sol (HSP) contribuyendo a un aporte diario de $96 \frac{A}{dia}$.

9.2.2.5. *Inclinación de los paneles solares*

Para obtener un mejor aprovechamiento de la radiación solar, la posición de los paneles se relacionó con la posición del sol, esto debido a la rotación de la tierra durante el año ya que el desplazamiento total de la tierra alrededor del sol tiene una duración de un año sobre una órbita elíptica, y paralelamente rota sobre su propio eje durante un día (Arrieta et al., 2012). El ángulo de inclinación de la tierra de acuerdo a su eje polar es $23,45^\circ$ con respecto al sol.

Esta inclinación causa que el sol esté más alto en el cielo durante el verano que en el invierno (Arrieta et al., 2012), por lo que la inclinación perfecta para la instalación de los Paneles Solares varió en función de la latitud en la cual se localizó el proyecto. La inclinación óptima para Colombia es de 10° para los sistemas solares, ya que es un país muy privilegiado, pero la inclinación puede variar en función de la aplicación, criterios de uso e integración arquitectónica, en $\pm 5^\circ$ (Colombian solar systems, 2012). Para llevar a cabo el diseño del prototipo de árbol solar se trabajó con un ángulo de 10° recomendado por la UPME, para evitar estancamientos de agua dentro del sistema

9.2.2.6. *Batería*

Para determinar el tipo de batería más conveniente, se calculó la capacidad de la misma en base al consumo eléctrico diario, Y una Profundidad máxima de descarga de la batería, por defecto se

tomó el 65%. Dando como resultado una capacidad de 120 Ah. Para no sobrecargar la batería se trabajará con la tercera parte del consumo total dando como capacidad energética 150 Ah. De acuerdo a lo anterior y a las cotizaciones realizadas, por calidad eficiencia y economía el tipo de batería seleccionada fue: marca MOTOMA GEL-TECH 12V150Ah. La cual tiene una vida útil de 12 años, una vez terminada su vida útil la empresa fabricante se encarga de la recolección de la misma para darle una disposición final.

9.2.2.7. *Regulador*

La energía proveniente de los paneles solares es recibida por el regulador por lo cual su intensidad debe estar por encima de los mismos para esto se tiene en cuenta que van a estar conectados 2 paneles en serie cada uno trabaja con una intensidad máxima de 8,44 A, así se dedujo que el regulador seleccionado debe soportar una intensidad de 30 A. Teniendo en cuenta lo anterior se seleccionó un regulador Steca POWER TAROM 2140. Ya que este cumple con parámetros requeridos de diseño y de bajo costo en el mercado.

9.2.2.8. Conexión del prototipo de sistema de paneles solares

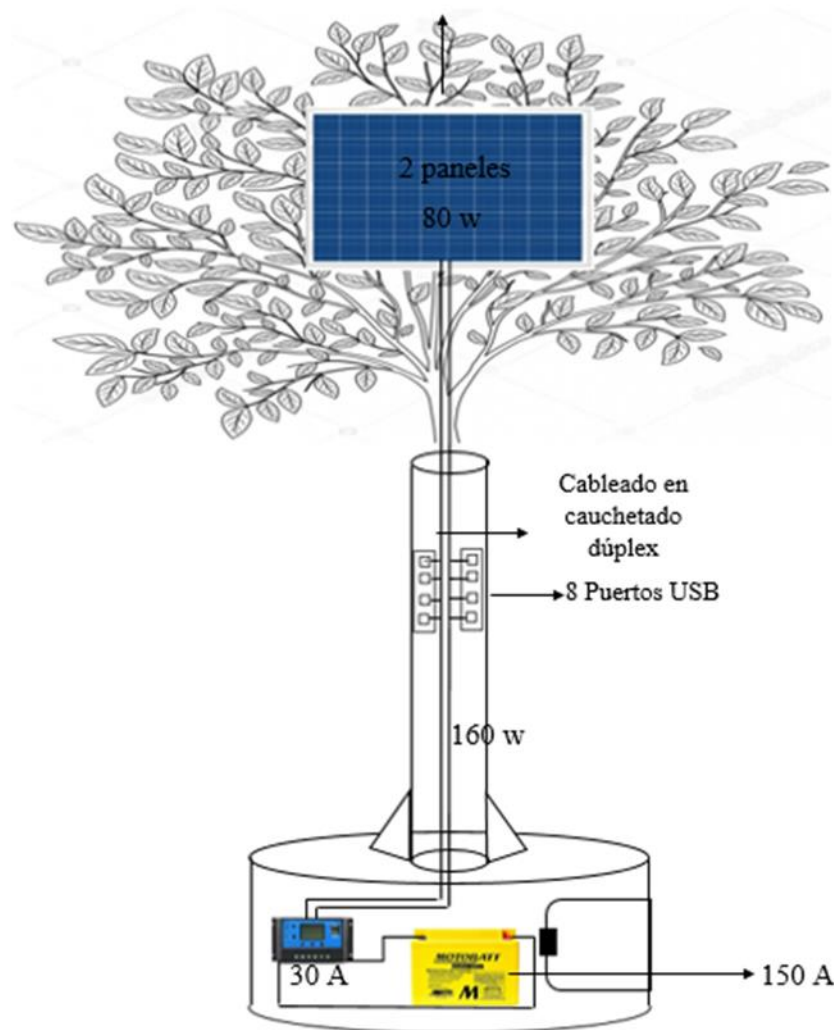


Ilustración 7. Conexión del sistema solar fotovoltaico del prototipo. Adaptado de “Google” por García & Peñuela, 2019.

La Ilustración 7 muestra la forma gráfica como están conectados los componentes que fueron utilizados para el funcionamiento adecuado de todo el sistema. Los paneles solares, conectados generan energía eléctrica que es conducida hacia el controlador, el cual ayuda a regular y controlar la carga de la batería, evitando sobre cargas y descargas.

9.2.2.9. *Prototipo de sistema de paneles solares para el suministro energético de dispositivos móviles.*

De acuerdo a los parámetros anteriormente establecidos, para la elaboración del prototipo de estación solar, se realizó un diagrama técnico de los materiales y detalles finales para la realización del prototipo de estructura real “Árbol solar” ver (Anexo 3).

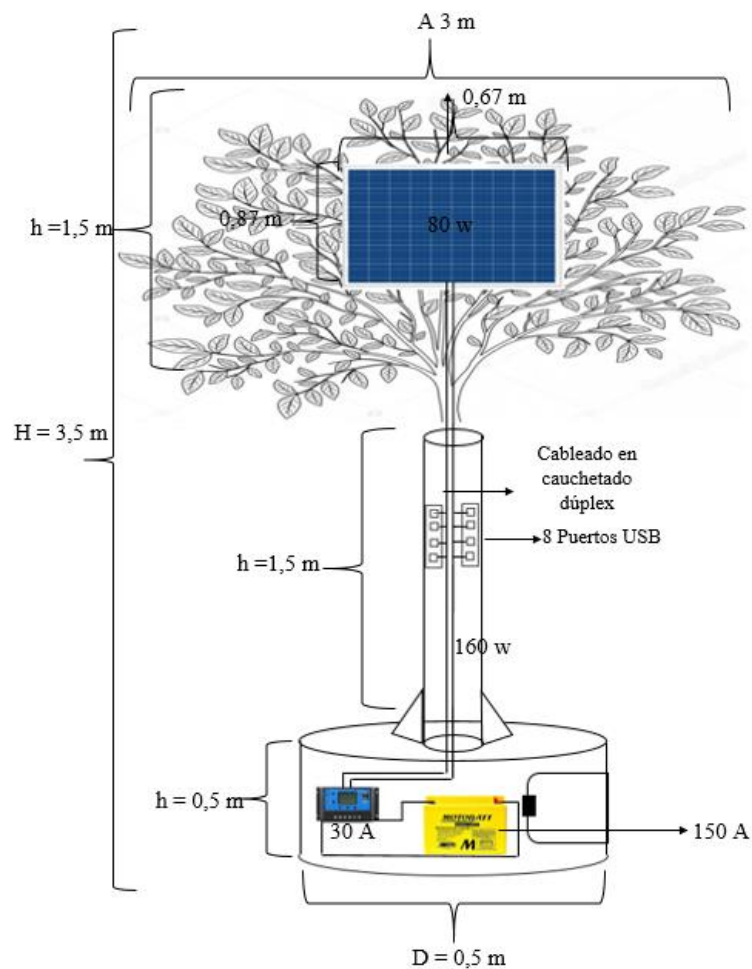


Ilustración 8. Diagrama técnico del prototipo árbol Tecasoler. Adaptado, por García & Peñuela, 2019.

9.2.3. Estructura de soporte y anclaje

Con el fin de darle un valor ambiental agregado al diseño del árbol solar, para la construcción de la estructura del prototipo se llevó a cabo con materiales reciclados tales como: láminas de aluminio y perfiles adquiridos en la recicladora Ecoacacias, teniendo en cuenta la función de la estructura del soporte para mantener los paneles solares fijos en la inclinación y orientación elegida. Siendo estos materiales de bajo costo e impacto ecológico, como resultado final se obtuvo la estructura del “Árbol solar” como se observa en la Ilustración 10, (ver Anexo 5).



Ilustración 9. Prototipo de estructura del árbol solar. Por García & Peñuela, 2019.

El prototipo de árbol solar (Tecasoler), implementado en el campus Loma linda de la Universidad Santo Tomás, cuenta con 16 puertos USB para el suministro de carga de los dispositivos móviles, ver (Anexo 4).

Se utilizaron 2 paneles solares de 80 vatios, una batería en gel de 150 amperios y un regulador de energía de 30 A el cual permite desconectar el sistema ante cualquier incidente.

Tecasoler tiene una capacidad de suministro de energía para 240 dispositivos móviles al día, ya que el sistema implementado cuenta con la capacidad de almacenar la energía en la batería y puede cargar 16 dispositivos móviles al tiempo.

El prototipo de árbol solar hace alusión a un árbol teca, por eso su nombre Tecasoler, su base redonda fue diseñada con el fin de poder guardar la batería y el regulador los cuales no fueran expuesto a cambios externos ya sea climáticos o sociales y que en la base los usuarios pudieran tomar asiento mientras cargan su dispositivo móvil, sus hojas en el tallo principal son un soporte plano para los celulares, y su follaje permite que en gran parte de los rayos del sol no ingresen en su totalidad en los puertos USB, equipos y usuarios.

9.3. Evaluación de la implementación

9.3.1. Vida útil

La vida útil del prototipo de sistema solar fotovoltaico para carga de dispositivos móviles, está regida por la durabilidad de sus componentes, los cuales según el cuidado y las condiciones ambientales pueden prolongar o disminuir el tiempo promedio de vida.

La vida útil promedio de las baterías es de 12 años según los datos del fabricante, los paneles tienen una vida útil hasta de 30 años. Las características ambientales en dónde se encuentre instalado el sistema y su constante chequeo de componentes recomendado por el fabricante pueden ayudar a prolongar su funcionamiento. Una vez terminada la vida útil de los paneles solares y la batería las empresas fabricantes se encargan de la recolección de los mismos para darles una disposición final evitando así que estos contaminen al medio ambiente.

9.3.2. Prueba de rendimiento energético del prototipo de árbol solar

Tabla 8. Registro de prueba de carga de los dispositivos móviles.

Tiempo de suministro de carga eléctrica (minutos)	Carga inicial % - carga final%	% de carga suministrado
98	5% - 97%	92
40	20% - 55%	35
60	50% - 100%	50
20	40% - 57%	17
45	23% - 41%	18
15	15% - 22%	7
38	32% - 61%	32
47	9% - 33%	24
30	25% - 42%	17
28	0% - 24%	24
45	6% - 38%	32
27	15% - 31%	16
20	24% - 39%	15
75	0% - 92%	92
60	35% - 84%	49
40	3% - 38%	35
15	27% - 41%	14
60	13% - 55%	42
35	11% - 36%	25

Nota. Porcentaje de carga suministrada por minuto a los dispositivos puestos a prueba Anexo 7.

De acuerdo a lo anterior, el promedio de rendimiento de carga de los dispositivos móviles puestos a prueba en el árbol Tecasoler es de aproximadamente un digito de carga por 2 minutos

Tabla 8, en algunos con mayor variación de tiempo, esto se debe a la marca, modelo y capacidad de almacenamiento de la batería de cada dispositivo y el tipo de cable USB. De esta forma se evidencia que el prototipo de árbol solar Tecasoler tiene un buen rendimiento de suministro de energía eléctrica en promedio de carga.

9.3.3. Impacto de los GEI

Para los proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), el cálculo del FE está basado en el “Tool to calculate the emission factor for an electricity system”, herramienta establecida por la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC, 2017), cuya finalidad es determinar el factor de emisión de CO₂ a emplear para proyectos que desplacen energía eléctrica generada con plantas de energía renovable en un sistema eléctrico, es decir cuando una actividad de proyecto con energías renovables suministra electricidad a una red (oferta energética) y ésta resulta en ahorros de electricidad que habría sido suministrada por la red (por ejemplo, proyectos de eficiencia energética, como el propuesto en el presente trabajo ya que es un proyecto de energía no convencional en el cual, el resultado incurre en un ahorro de electricidad por parte del campus Aguas claras que era suministrada por la red) (Bonilla et al., 2017).

El cálculo más reciente realizado por la UPME de este factor, fue en el año 2016, en el cual, utilizaron el método simple ajustado, en este se incluyen centrales hidroeléctricas, geotérmicas, eólicas, biomasa de bajo costo, nuclear y solar, en el que el Factor de Emisión del SIN para proyectos MDL es de $FE = 0,367 \text{ tCO}_2 / \text{MWh}$, que equivalen a $0,367 \text{ gCO}_2 / \text{Wh}$, entonces, teniendo en cuenta la demanda energética diaria del prototipo sistema solar fotovoltaico, se realizó el cálculo de emisiones de CO₂ a la atmosfera.

Tabla 9. Reducción de dióxido de carbono (CO_2).

Generación de energía anual (Kwh)	Factor de emisión gCO ₂ /Kwh	g de CO ₂ anual
350,4	0,367	128,59

Nota. Cálculo basado en el factor brindado por la UPME, por García & Peñuela, 2019.

Así, se demuestra que la implementación del proyecto, reduciría la emisión de 128,59 g o 0,128 Ton de CO₂ anuales a la atmosfera, lo que favorece la reducción de gases de efecto Invernadero.

10. Discusión

En los resultados obtenidos en el estudio del diseño e implementación de un sistema de paneles solares como prueba piloto para suministro energético de dispositivos móviles, en la población encuestada, se evidencia una percepción socio-ambiental de la población universitaria, la cual arroja una respuesta positiva sobre la pertinencia de emplear sistemas de energías renovables para aportar a la disminución de la contaminación al medio ambiente, permitiendo hacer una reducción en el uso de los recursos naturales no renovables y algunos contaminantes como los combustibles fósiles, el aumento del CO_2 .

De acuerdo a los datos de radiación solar en Villavicencio Meta, varían en un rango de $4,0 \frac{kWh}{m^2}$ y $5,2 \frac{kWh}{m^2}$, presentando variaciones mínimas, en el mes de junio con un rango de promedio de $4,2 \frac{kWh}{m^2}$, siendo este el rango más bajo en incidencia de radiación solar, lo cual indica que el prototipo de sistema de paneles solares como prueba piloto para suministro energético de dispositivos móviles puede ser instalado en los dos campus, obteniendo la misma eficiencia. Según el atlas de radiación solar de la UPME, existen regiones del país como la Guajira parte de la Costa Atlántica, Departamentos de Arauca, Casanare, Vichada y el Meta, entre otros, que presentan niveles de radiación por encima del promedio nacional alrededor de los $6,0 \frac{kWh}{m^2}$ lo cual hace que sea un prototipo eficaz (UPME, 2016).

Finalmente, se puede establecer que el objetivo planteado de diseñar e implementar un sistema de paneles solares como prueba piloto para suministro energético de dispositivos móviles en la Universidad Santo Tomás campus Loma Linda, el cual tiene la capacidad de generar electricidad para carga de 240 dispositivos.

11. Conclusiones

- Por medio de la encuesta de percepción socio-ambiental, se concluyó que el 98%, de la población encuestada del campus, está dispuesta a cargar su dispositivo móvil a partir de una fuente de energía renovable, lo cual fue viable para dar desarrollo a la implementación del prototipo de sistema solar fotovoltaico “árbol solar”.
- Se obtuvo el diseño estructural del prototipo de sistema de paneles solares a partir de algunos materiales reutilizables ecoeficientes y de bajo costo, lo cual permitió ahorrar \$350.000 en la fase del diseño estructural ejecutándose a un menor costo del planteado por el presupuesto inicial.
- Con el desarrollo del proyecto se logró apuntalar a los esfuerzos que realiza la Universidad en su compromiso de adhesión a la red de pacto global y el plan Maestro que incluye la implementación de sistemas de energía fotovoltaica durante los próximos 20 años, para disminuir la huella de carbono y contribuir a la conservación del medio ambiente, particularmente desde los objetivos de desarrollo sostenible, 7,11 y 12 con el uso de energías alternativas.
- Un beneficio ambiental que tiene el prototipo de sistema solar fotovoltaico, se plantea como una solución para la reducción de emisiones de CO_2 , con cada Kilovatio de energía solar generada se deja de emitir 0,128 Ton de CO_2 anuales a la atmosfera.

12. Recomendaciones

- Desconectar los dispositivos móviles en los días de tormentas eléctricas fuertes para evitar que una descarga atmosférica pueda averiarlos.
- No conectar al sistema equipos electrodomésticos o de otro tipo que no hayan sido considerados en el diseño, ya que una sobrecarga por consumo excesivo puede provocar su mal funcionamiento.
- Observar regularmente en los indicadores lumínicos del controlador de carga y en caso de notar que alguno de ellos no enciende, contacte inmediatamente al personal operativo del campus.
- Recordar siempre que, en los sistemas fotovoltaicos, la energía es limitada, se hace mucho más necesario el ahorro máximo. Por tanto, no mantenga equipos móviles encendidos innecesariamente.
- Promover a los usuarios, la huella de carbono personal, creando conciencia ambiental desde pequeños hábitos de consumo responsable.
- Explicar visualmente la disminución de contaminación atmosférica que este genera al usar este tipo de energías renovables.
- Mantenimiento del sistema de generación: Consiste en retirar, una vez al mes, cualquier tipo de objeto, suciedad, etc, que pueda afectar a la correcta producción de los paneles solares, es decir, excrementos de aves o el polvo acumulado o los restos de polución también deben ser eliminados en la medida de lo posible, ya que disminuirá la corriente eléctrica generada.
- No se emplearán métodos que puedan rayar o estropear las placas solares, por lo que se desaconseja el uso de estropajos o productos abrasivos y es recomendable el uso de agua y un trapo, sin más complicaciones
- Mantenimiento del sistema de acumulación: Es aconsejable, al menos una vez al mes, limpiar la parte superior de las baterías y bornes con una mezcla de bicarbonato sódico y agua (unos 100gr de bicarbonato por cada litro de agua). Una vez limpio, lavamos bien con

agua y secamos con un trapo seco. Durante el proceso de la limpieza, es importante que las baterías solares estén bien cerradas para evitar que entre bicarbonato dentro de ellas.

- Los terminales de conexión es recomendable limpiarlos dos o tres veces al año siguiendo el mismo procedimiento, y también, si es posible, aplicando vaselina para cubrir las conexiones.
- Inspección visual de posibles degradaciones en los paneles fotovoltaicos: Se controlará que ninguna célula se encuentre en mal estado (cristal de protección roto, normalmente debido a acciones externas). Se comprobará que el marco del módulo se encuentra en correctas condiciones (ausencia de deformaciones o roturas). Es recomendable realizar la inspección cada 2 meses.
- Comprobación de la estructura soporte de los paneles: La estructura soporte de los paneles fotovoltaicos suele estar fabricada íntegramente con perfiles de aluminio y tornillería de acero inoxidable, por lo que no requieren mantenimiento anticorrosivo. El mantenimiento de las mismas se aconseja realizarla cada seis-doce meses.
- Los valores climatológicos serían más precisos si se toman las medidas con estaciones climatológicas directamente en el lugar de estudio y que adicionalmente se tenga continuidad y confiabilidad de los datos.
- Mejorar la eficiencia del sistema haciendo campañas que incentiven a la comunidad universitaria a utilizar energías alternativas, para disminuir el alto consumo energético convencional.

Referencias bibliográficas

- Abella, M.A. (2019). Sistemas fotovoltaicos. Retrieved mar, 2019, from http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45337/componente45335.pdf
- Acevedo, F. (2016). Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios (Trabajo de grado para optar al título de tecnólogo en electrónica). Universidad nacional abierta y a distancia, Bogotá, Colombia.
- Alfonso, K. (2017). Colombia sería potencial en energía solar porque recibe 30% más de radiación. Retrieved 14 Feb, 2019, from <https://www.larepublica.co/economia/colombia-seria-potencia-en-energia-solar-porque-recibe-30-mas-radiacion-2581853>
- Alvarado, V. (2018). Con paneles solares generarán energía en la Santo Tomás. Retrieved Mar, 2019, from <https://www.vanguardia.com/tecnologia/con-paneles-solares-generaran-energia-en-la-santo-tomas-OBVL441960>
- Álvarez, A. (2018). La Guajira, una gran fuente de energía eólica. Retrieved 14 Feb, 2019, from <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/la-nueva-era-de-las-renovables/articulo/la-guajira-una-gran-fuente-de-energia-eolica/564841>
- Álvarez, C.A & Alzate, J. F. (2012, 2012). Normatividad sobre energía solar térmica y fotovoltaica. Retrieved Mar 2019, from <http://www.publicacionescidet.com/wp-content/uploads/2016/11/NORMATIVIDADenergiaSolar.pdf>
- Álvarez, R. (2015). Las estaciones de recarga para vehículos eléctricos se vuelven solares, móviles y sin. Consultado el 25 de febrero de 2019, de <https://www.xataka.com/automovil/las-estaciones-de-recarga-para-coches-electricos-se-vuelven-solares-moviles-y-gratuitas>
- ArcMap. (2016). Calculadora ráster—Ayuda | ArcGIS for Desktop. Retrieved March 8, 2019, from <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/raster-calculator.htm>
- Arrieta et al. . (2012) . Diseño de prototipo del sistema solar fotovoltaico optimizando el ángulo de inclinación de los paneles solares . Scielo , 10 (1) , 1-11 . Consultado en marzo de 2019,

de <http://ojs.uac.edu.co/index.php/prospectiva/article/view/401/373>

AutoSolar. (2019). Paneles Solares Policristalinos. Retrieved Mar, 2019, from <https://autosolar.es/paneles-solares/paneles-solares-policristalinos>

Barrera, J. (2016). Modelo de Isotermas, relación con actividades humanas y mapas climáticos. Retrieved Mar, 2019, from https://www.academia.edu/27742143/P05_Modelo_de_Isotermas

Beltrán, L.V. (2016). *Análisis De Los Diferentes Tipos De Energías Alternativas Y Su Implementación En Colombia*, (Tesis de posgrado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogota, Colombia.

Bohórquez, K.S. (2018). “Colombia es una potencia en el tema de energía solar.” Retrieved Feb 25, 2019, from <https://www.larepublica.co/empresas/colombia-es-una-potencia-en-el-tema-de-energia-solar-2735111>

Bonilla et al. (2017). Factores de emision del sistema interconectado nacional colombia-sin. Doc_calculo_del_FE_del_SIN_2016 (4).

Camelo , J.C. (2008). *Diseño e implementación de un cargador solar para dispositivos portátiles*, (Tesis de pregrado). Universidad de San Buenaventura, Bogota, Colombia.

Celsia. (2017). Empezó a generar energía Celsia solar Yumbo, primera granja fotovoltaica de Colombia. Retrieved Feb de 2018, from <https://blog.celsia.com/sala-de-prensa/empezamos-a-operar-la-granja-de-energia-solar>

Celsia. (2018). Energía solar en Colombia: así es el panorama en cifras. Retrieved 14 Feb, 2019, from <https://blog.celsia.com/energia-solar-en-colombia-panorama-en-cifras>

Colombian Solar Systems. (2012). ¿Cuál debe ser el ángulo de inclinación de los Paneles y los Colectores Solares? Retrieved Mar, 2019, from <https://colombiansolarsystems.com/53-cual-debe-ser-el-angulo-deinclinacion-de-los-paneles-y-los-colectore.html>

Colorado, P. A. (2019). A la ‘ceiba’ solar de EAFIT. Retrieved Feb, 2018, from <http://www.eafit.edu.co:80/medios/eleafitense/109/Paginas/a-la-ceiba-solar-de-eafit.aspx>

CREG. (2006). Comisión de regulación de energía y gas. Retrieved 09 Abr, 2018, from

http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/que_es/que_es.htm

Decreto 1258. (2013). Por el cual se modifica la estructura de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).. Retrieved 09 Abr, 2018, from http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_1258_2013.html

Ecopetrol. (2018). Ecopetrol construirá parque de energía solar en el Meta. Retrieved 20 feb, 2019, from <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/sala-de-prensa/noticias/noticias-2018/noticias-2018/planta-energia-solar-castilla-la-nueva-meta>

Empresas publicas de Medellin - Epm. (2019). ¿Qué es la energía eléctrica? ESSA. Retrieved Mar, 2019, from <https://www.essa.com.co/site/comunidad/es-es/aprendesobrelaenergía/quéeslaenergíaeléctrica.aspx>

Espectador. (2019). Colombia registra importante crecimiento en la demanda de energía en 2018. Retrieved 14 Feb, 2019, from [/negocios-industrias/colombia-registra-importante-crecimiento-en-la-demanda-de-energia-en-el-2018](#)

Fernández , J. (2019). Caracterización de módulos fotovoltaicos con dispositivo portátil. Retrieved Mar, 2019, from https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/6037/PFC_Julio_Fernandez_Ferichola.pdf

Fernández, J.M. (2008). Guía completa de la energía solar fotovoltaica y termoeléctrica. (2da ed.). Madrid.

Fmam. (2009). La inversión en proyectos de energía renovable la experiencia del Fmam. Retrieved 14 Feb, 2019, from https://www.thegef.org/sites/default/files/publications/gefrenewenergy_ES_3.pdf

Gabriel, T. A. (2014). Proyecto de implantación de un sistema de recarga de motos eléctricas con placas fotovoltaicas y piezoeléctricos. Retrieved from https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/22779/gabriel.torrecilla_94304.pdf

García, J.M. (2013). Estudio comparativo entre las diferentes fuentes de energía eléctrica en Colombia y la generación de electricidad a partir de biomasa. Retrieved 14 Feb, 2019, from <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1706/1706.08441.pdf>

- González, G. (2013).), Capítulo 7. Consecuencias ambientales del crecimiento demográfico y turístico en Puerto Madryn, Argentina. In Benseny, G (Ed), Gestores costeros. De la teoría a la práctica: una aplicación en áreas litorales (pp. 169-196). Argentina.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático - Ipcc. (2011). Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático. Retrieved Mar, 2019, from https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srren_report_es-1.pdf
- Huisa, F. R. (2013). *Acondicionamiento para el aprovechamiento de la energía solar en la I.E. Alfonso Ugarte*, (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del centro del Peru, Huancayo, Peru.
- IBM SPSS Statistics - Visión general - Colombia. (2018). Retrieved May 4, 2018, from <https://www.ibm.com/co-es/marketplace/spss-statistics#product-header-top>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Retrieved 14 Feb, 2019, from <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd>
- Ley 1715 de 2014. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Mayo 13 de 2014. DO.Nº 49150. Recuperado de <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Leyes/Documents/LEY%201715%20DEL%2013%20DE%20MAYO%20DE%202014.pdf>
- Ley 143 (1994). por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética. Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0143_1994.html
- Lmenergiasolar. (2018). Energía solar: una alternativa para el progreso del Llano. Retrieved Mar, 2019, from <https://picgra.com/media/1984597788197173928>

- Magro, J. (2016). *Instalación Fotovoltaica para Sistema de Riego con Elevada Demanda*, (Tesis de pregrado). Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Martínez, A. (2012). Dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas. Retrieved 30 feb, 2019, from <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788428332989/dimensionado-de-instalaciones-solares-fotovoltaicas>
- Martínez, L.A. (2019). El alto consumo de energía de los teléfonos inteligentes. Retrieved 05 Mar, 2019, from <http://archivo.e-consulta.com/blogs/eureka/?p=273>
- Martos, C. (2016). Buena energía javeriana. Retrieved 20 de febrero de 2019, from https://www.javeriana.edu.co/documents/12789/6659990/14_Portada_Marzo_2016.pdf/c1d1c6ab-1ce0-4e05-9cc0-1449c4df1529
- Medio Ambiente. (2017). Celulares en Colombia fueron responsables de 843 toneladas de CO2 en 2016. Retrieved 20 de febrero de 2019, from <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/celulares-en-colombia-fueron-responsables-de-843-toneladas-de-co2-en-2016/38461>
- Medio Ambiente. (2018). En 2017 la energía solar creció más rápido que otros combustibles. Retrieved el 20 de febrero de 2019, from <https://www.elspectador.com/noticias/medio-ambiente/en-2017-la-energia-solar-crecio-mas-rapido-que-otros-combustibles-articulo-732323>
- Microsoft. (2010). Manual- Microsoft-Office-Excel-2010. Retrieved from <https://www.uv.mx/personal/llopez/files/2013/03/Manual-Microsoft-Office-Excel-2010.pdf>
- Mineducacion. (2018). Colombia una potencia en energías alternativas. Retrieved Mar, 2019, from <https://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html>
- Naciones Unidas. (2019). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Retrieved Mar 5, 2019, from <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/objetivos-desarrollo-sostenible-ods>

NTC 1736 (2005). Energía solar. Definiciones y nomenclatura. Obtenido de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC1736.pdf>

NTC 2775 (2005). Energía solar fotovoltaica terminología y definiciones. Obtenido de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC2775.pdf>

NTC 5513 (2010). Dispositivos fotovoltaicos. Parte 1: medida de la característica corriente-tensión de dispositivos fotovoltaicos. Obtenido de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5513.pdf>

NTC 5678 (2009). Campos fotovoltaicos (fv) de silicio cristalino medida en el sitio de características i-v. Obtenido de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5678.pdf>

NTC 5549 (2007). Sistemas fotovoltaicos (fv) terrestres generadores de potencia generalidades y guía. Obtenido de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5549.pdf>

NTC 5627 (2008). Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. calificación del diseño y ensayos ambientales. Obtenido de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5627.pdf>

Ortega, C.A. (2014). 6 estaciones para cargar su celular con energía renovable. Retrieved 25 Feb, 2019, from <http://www.youngmarketing.co/6-propuestas-cargar-su-celular-con-energia-renovable/>

Pardo, L. (2013). Street Charge: Cargadores solares para móviles en las calles de New York. Retrieved feb, 2018, from <https://www.xataka.com/automovil/las-estaciones-de-recarga-para-coches-electricos-se-vuelven-solares-moviles-y-gratuitas>

Perpiñán, O. (2015). Energía solar fotovoltaica . Retrieved Mar, 2019, from <https://github.com/oscarperpinan/esf>

Pimienta , R. (2003). Encuestas probabilísticas vs no probabilísticas. [Weblog]. Retrieved Mar 2019, from <http://www.redalyc.org/pdf/267/26701313.pdf>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD. (2019). Objetivos de desarrollo

- sostenible. Retrieved Mar, 2019, from <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Recamán, M. J. (2008). *Purificación de triclorosilano por destilación en el proceso de obtención de silicio de grado solar*, (Tesis de doctorado). Universidad complutense de Madrid, Madrid , España.
- Rodríguez, H. (2009). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista scielo*, 28(2), 1-7. Retrieved 14 Feb, 2019, from <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12.pdf>
- Rodriguez, K. (2011). *Análisis de desempeño entre una batería AGM y plomo acido*, (Tesis de pregrado). Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica , Mexico D.F.
- Rojas, J.A. (2015). Impactos ambientales de las tecnologías de generación eléctrica. Retrieved 14 Feb, 2019, from <http://latinoamericarenovable.com/wp-content/uploads/2015/08/Impactos-ambientales-de-las-tecnolog%C3%ADas-de-suministro-el%C3%A9ctrico.pdf>
- Schallenberg, J.C et al. (2008) . *Energías renovables y eficiencia energética* . (1ra ed.) . Consultado en marzo de 2019, de <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>
- Semarnat. (2006). Compendio de estadísticas ambientales 2010. Retrieved 14 Feb, 2019, from http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlet1bdcdb.html
- Torres, M. (2019). Obtención del mineral de hierro. Retrieved Mar, 2019, from https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947174/contido/421_obtencin_del_mineral_de_hierro.html
- Trujillo , E.D. (2010). Celdas Fotovoltaicas. Retrieved Mar, 2019, from <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/624/4/A-4.pdf>
- Umbarila, L.P, Alfonso, F.L & Rivera, J.C. (2015). Importancia de las energías renovables en la seguridad energética y su relación con el crecimiento económico. *Revista de investigación agraria y ambiental*, 6(2), 1-12. Retrieved 14 Feb, 2019, from

<http://oaji.net/articles/2017/5565-1508902666.pdf>

Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. (2016). Atlas de radiacion solar. from <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21129/.../2a207e33-fe43-4aa3-930d-70ba60b10d57>

Universidad Autónoma De Occidente - UAO. (2015). Valle del Cauca con gran potencial para producir energía limpia. Retrieved Feb 2019, from <http://www.uao.edu.co/noticias/valle-del-cauca-gran-potencial-para-producir-energia-limpia>

Vargas, M. (2014). Cargar el celular para emitir CO2 a la atmósfera. Retrieved 20 de febrero de 2019, from <https://www.nacion.com/ciencia/aplicaciones-cientificas/cargar-el-celular-contribuye-a-emitir-co2-a-la-atmosfera/JAK3ASKKP5GSRBSU35ELB6V35I/story/>

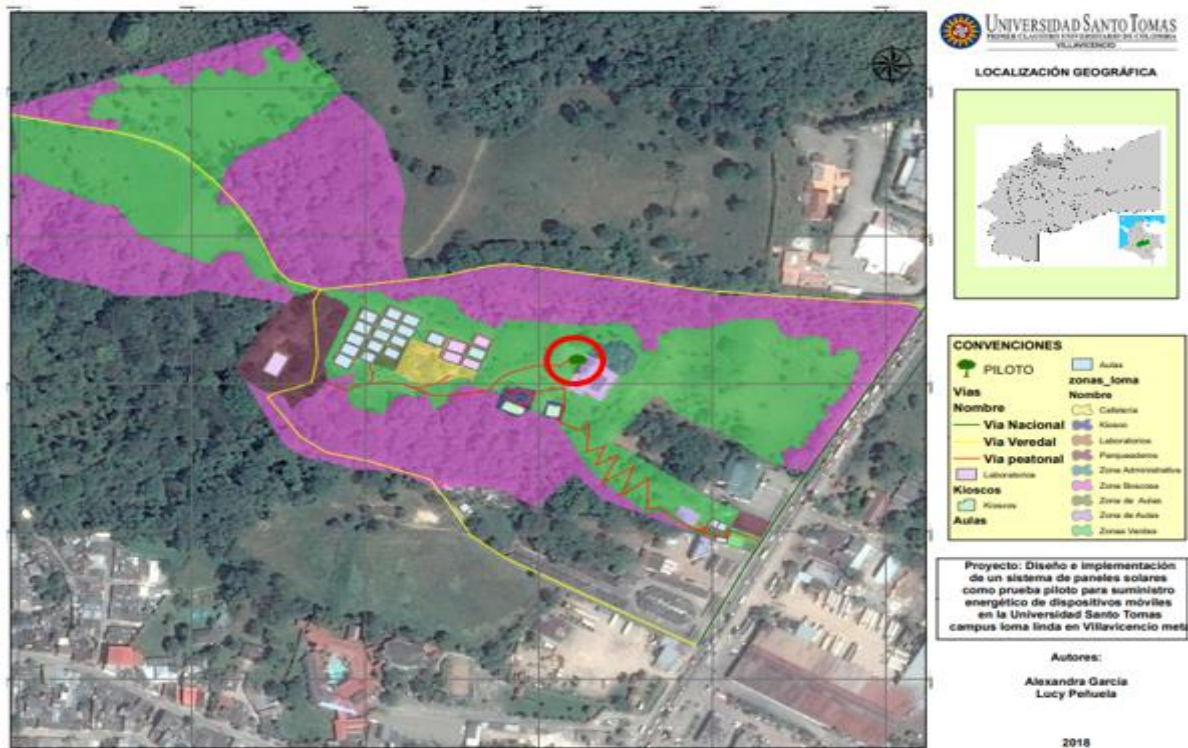
Vela, M. A. (2015). *Implementación y ejecución de un sistema de energía alternativa (fotovoltaica) para incrementar la calidad de vida de sus moradores en la comunidad de palmeras*, (Tesis de posgrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogota, Colombia.

Weather, A. (2019). Información detallada del clima y previsión meteorológica mensual. Retrieved Mar, 2019, from <https://www.weather-col.com/es/colombia/villavicencio-clima>

Xercavins, J et al. (2005). Desarrollo sostenible. Retrieved Mar 2019, from <http://hdl.handle.net/2099.3/36752>

Anexos

Anexo 1. Mapa de ubicación.



Anexo 2. *Encuesta.*

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA VILLAVICENCIO	Encuesta de percepción socio-ambiental
Diseño e implementación de un sistema de paneles solares como prueba piloto para suministro energético de dispositivos móviles en la Universidad Santo Tomás Sede Villavicencio Campus Loma Linda	
Realizado por: Alexandra García Barrero y Lucy peñuela Guevara estudiantes de X semestre.	
Objetivo: La presente encuesta tiene como finalidad evaluar la percepción socio-ambiental de la comunidad del campus Loma Linda de la Universidad Santo Tomás para el desarrollo de un prototipo de sistema de energía solar para la carga de dispositivos móviles.	

1. ¿Cuál es su cargo en la Universidad Santo Tomás campus Loma linda?

- a. Estudiante Semestre _____ Facultad: Ing. ambie☐al Adm. Empr☐sas
- b. Docente Facultad: Ing. ambient☐ Adm. Empr☐s
- c. administrativo
- d. Personal Operativo

2. ¿Carga usted su dispositivo móvil en la Universidad Santo Tomás campus Loma Linda?

SI ☐

NO ☐

3. ¿Estaría dispuesto a cargar su dispositivo móvil a partir de una fuente de energía renovable?

SI ☐

NO ☐

4. ¿Cuántas veces al día le suministra carga a su dispositivo móvil estando en el campus loma linda?

- a. 1

- b. 2
- c. 3
- d. Más? Cuantas____

5. ¿Cuánto dura cargada la pila de su dispositivo móvil?

- a. 1-3 horas
- b. 3-5 horas
- c. 5-8 horas
- d. Todo el día

6. ¿En qué lugar del Campus Loma Linda le gustaría encontrar puntos de carga para su móvil?

- a. Cafetería Vegetariana
- b. Cafetería central
- c. Cerca de la Fotocopiadora
- d. Otro lugar: _____

Anexo 3. Prototipo realizado en Render.



Anexo 4. Materiales de la Insatlación del prototipo de árbol solar.

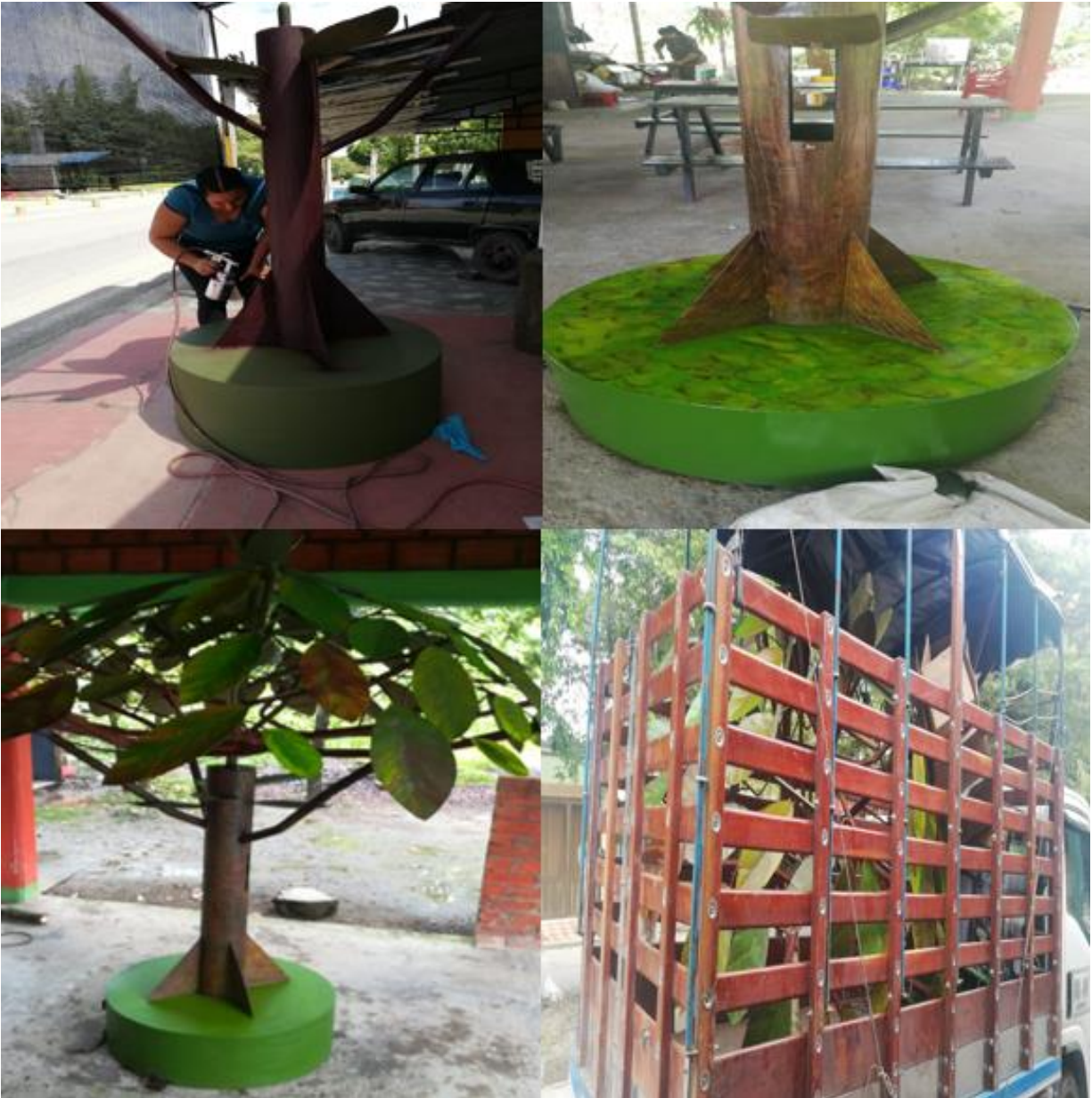


Anexo 5. Ensamblaje del prototipo de árbol solar.









Anexo 6. Usuarios suministrando carga energética a sus dispositivos móviles.





Anexo 7. Registro de suministro de carga energética a los dispositivos móviles de los usuarios.

Nombre y Apellidos	Facultad	Semestre	Tiempo de Carga	Carga suministrada%
EDITH HUGO	Ing. Ambiental	9	1 hora 38 min	(5% inicio) - (97% terminado)
Camilo Perdomo	Ing. Ambiental	10 semestre	40 min	(20%) - (55%)
ESTEFANY BASTIDAS	ING. AMBIENTAL	10	1 hora	(50%) - (100%)
Agustín Beiral	Ing. Civil	VI	20 min	(40%) - (57%)
AUGUSTO RANGEL	AMBIENTAL	SEPTIMO	45 min	(23%) - (41%)
Camilo Beiral	Ambiental	Noveno	15 min	(15%) - (22%)
Edier Garzón	Ambiental	Decimo	38 min	(32%) - (61%)
Isaura Martínez	Ambiental	Decimo	47 min	(9%) - (33%)
Jessica Guzmán	Ing. Ambiental	Decimo	30 min	(25%) - (42%)
Cristian Camero	Ambiental	X	28 min	(0%) - (24%)
THALIA RODRIGUEZ	Ambiental	X	45 min	(6%) - (38%)
Andrés Ariza	Ambiental	Noveno	27 min	(15%) - (31%)
Gloria Pérez	Ambiental	Noveno	20 min	(24%) - (39%)
Erica Torres	Ing. Ambiental	Noveno	1 hora 15 min	(0%) - (92%)
Axel Sánchez	Ambiental	Noveno	1 hora	(35%) - (84%)
Levi Samir B.	Ing. Ambiental	Decimo	40 min	(3%) - (38%)
Sergio Melo	Ambiental	Decimo	15 min	(27%) - (41%)
Katy Rojas	Ing. Ambiental	Decimo	1 hora	(7%) - (35%)
Diana Guerra	Ing. Ambiental	Egresada	35 min	(11%) - (36%)