

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA CARGA DE BATERÍAS DE CELULARES USANDO UN PANEL FOTOVOLTAICO

JAMES FARID MACHADO HERRERA

Ingeniería Electromecánica

Director de trabajo de grado
Carlos Alberto Acevedo Álvarez, IM.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO
FACULTAD DE INGENIERÍAS
MEDELLÍN
Julio 18 de 2019**

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

RESUMEN

En este trabajo se realizó un diseño de un sistema eléctrico portátil para alimentar una estación de carga usando la energía solar con un panel fotovoltaico, para carga de baterías en celulares (dispositivos móviles). El panel genera electricidad a partir de los rayos solares cuya energía es obtenida en DC (corriente directa), es procesada por un inversor el cual sincroniza el sistema y lo convierte de corriente directa a corriente alterna a 120V, se emplea un convertidor para que a la salida USB entregue 5V para cargar los dispositivos con una carga lenta, la cual beneficia la vida útil de la batería.

Se realizaron varias pruebas tales como medir voltajes y amperajes para conocer la cantidad de dispositivos que pueden ser cargados por este sistema en tiempo real.

Cada estación de carga con 5 horas de sol produce suficiente para cargar a la vez 3 dispositivos carga lenta en toma USB y podrían ser cargados hasta 6 dispositivos móviles y una luz led por 5 horas con dicha cantidad de energía solar usando dicho panel.

Palabras clave: Sistema fotovoltaico, energía renovable, diseño, energía solar, energías alternativas, conectividad.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

RECONOCIMIENTOS

Agradezco a todos los compañeros del ITM, docentes y compañeros por la formación dada, su apoyo social y académico.

Agradezco a mi asesor Carlos Alberto Acevedo Álvarez el cual siempre de manera amable resolvió inquietudes para poder llevar a cabo este proyecto.

A Dios por darme el privilegio de estudiar y la fortaleza en los momentos difíciles y lograr culminar mi carrera.

A los administrativos, empleados del aseo, técnicos mantenimiento y laboratoristas del Instituto Tecnológico Metropolitano por facilitarnos sus instalaciones para realizar el trabajo de grado.

A mis padres, esposa e hijos y familiares por el apoyo brindado, por el tiempo que no les dedicamos mientras estábamos estudiando.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

ACRÓNIMOS

AC: Corriente alterna

BUN: Biomass Users Network

CREG: Comisión de Regulación de Energía y Gas.

DC: Corriente directa

Fv: Fotovoltaico

I: Corriente eléctrica o Intensidad

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

ITM: Instituto Tecnológico Metropolitano

kWh: kilo Vatios hora

LDR: *Light Dependent Resistor*

MinAmbiente: Ministerio de medio Ambiente

Minenergía: Ministerio de Energía.

NASA: *National Aeronautics and Space Administration.*

P: Potencia eléctrica

UPME: Unidad de Planeación Minero Energética

USB: Universal Serial Bus

V: Voltaje o Tensión

W: Vatios.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-------------------------------|
| LISTA DE TABLAS | ¡Error! Marcador no definido. |
| LISTA DE FIGURAS | 8 |
| LISTA DE ECUACIONES | 11 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 12 |
| 1.1 GENERALIDADES | 12 |
| 1.2 OBJETIVOS | 12 |
| 1.2.1 Objetivo general | 12 |
| 1.2.2 Objetivos específicos | 13 |
| 1.3 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS | 13 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 14 |
| 2.1 ENERGÍA SOLAR | 14 |
| 2.1.1 Tipos de energía solar | 14 |
| 2.1.2 Ventajas | 15 |
| 2.1.3 Desventajas | 15 |
| 2.2 RADIACIÓN SOLAR | 16 |
| 2.3 ENERGÍAS RENOVABLES | 19 |
| 2.3.1 Ventajas | 21 |
| 2.3.2 Desventajas | 21 |
| 2.4 ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES | 21 |
| 2.5 MARCO LEGAL | 21 |
| 2.5.1 Normas de consulta | 23 |
| 2.5.2 Requisitos generales | 24 |
| 2.6 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA | 24 |
| 2.6.1 Beneficios de la energía fotovoltaica | 24 |
| 2.7 HISTORIA DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA | 25 |
| 2.8 CÉLULA FOTOVOLTAICA | 26 |
| 2.8.1 Célula Mono cristalina | 27 |
| 2.8.2 Célula Poli cristalina | 28 |

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

| | |
|--|-----------|
| 2.9 PANEL FOTOVOLTAICO | 29 |
| 2.9.1 Ventajas | 31 |
| 2.9.2 Desventajas | 32 |
| 2.10 LA BATERÍA | 32 |
| 2.11 EL REGULADOR DE CARGA | 34 |
| 2.12 CELULAR | 35 |
| 2.12.1 Los celulares y el acceso a Internet | 36 |
| 2.13 GENERADORES SOLARES | 37 |
| 2.13.1 Ventajas | 38 |
| 2.13.2 Desventajas | 38 |
| 2.14 CIRCUITOS ELÉCTRICOS Y CABLES | 38 |
| 2.15 ESTACIÓN DE CARGA PARA CELULARES EXISTENTES COMO EJEMPLO | 39 |
| 2.16 HUELLA DE CARBONO | 41 |
| 2.16.1 ¿Cómo calcular tu huella de carbono? | 42 |
| 3. METODOLOGÍA | 45 |
| 3.1 RENDIMIENTO Y PÉRDIDAS | 47 |
| 3.2 RENDIMIENTO DEL GENERADOR. | 48 |
| 3.3 MATERIALES UTILIZADOS | 48 |
| 3.4 PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO | 49 |
| 3.5 BATERÍA GENERADOR SOLAPALM | 50 |
| 3.6 CONSUMO ELÉCTRICO DE LA INSTALACIÓN | 54 |
| 3.6.1 Ubicación del prototipo | 57 |
| 3.7 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO | 58 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 59 |
| 4.1 RESULTADOS DE PRUEBAS REALIZADAS | 59 |
| 4.1.1 Día 1 | 59 |
| 4.1.2 Día 2 | 60 |
| 4.1.3 Recomendación: | 62 |
| 4.2 PROCESO DE INSTALACIÓN | 64 |
| 4.3 PROTOTIPO | 66 |

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

| | |
|--|-----------|
| 4.4 RESULTADOS CON PROTOTIPO EN FUNCIONAMIENTO | 67 |
| 4.4.1 Día 3 | 67 |
| 4.4.2 Día 4 | 68 |
| 4.4.3 Recomendación: | 69 |
| 4.5 HUELLA DE CARBONO | 70 |
| 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO | 71 |
| REFERENCIAS | 72 |
| APÉNDICE | 76 |

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Radiación solar | 16 |
| Figura 2. Radiación en Colombia | 17 |
| Figura 3. Promedio Radiación Colombia | 18 |
| Figura 4. Energías renovables | 19 |
| Figura 5. Usos de paneles fotovoltaicos | 26 |
| Figura 6. Célula fotovoltaica | 27 |
| Figura 7. Diferencias entre mono cristalino y poli cristalino | 28 |
| Figura 8. Paneles Solares Mono cristalinos de Celdas De Silicio | 30 |
| Figura 9. Paneles Fotovoltaicos Poli Cristalinos De Silicio | 31 |
| Figura 10. Batería solar | 32 |
| Figura 11. Regular de carga solar | 35 |
| Figura 12. Celular | 36 |
| Figura 13. Generador Solar | 38 |
| Figura 14. Efecto Fotovoltaico En Paneles Solares | 39 |
| Figura 15. Diseño de la empresa EnerFusion | 39 |
| Figura 16. Diseño USB | 40 |
| Figura 17. Diseño mesa acero inoxidable Universidad de Costa Rica | 40 |
| Figura 18. Diseño Girasol de Zonas verdes de recarga EPM en parque de los pies descalzos | 41 |
| Figura 19. Especificaciones Técnicas Batería Generador | 51 |

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

| | |
|--|----|
| Figura 20. Partes Del Generador Solar | 53 |
| Figura 21. Mapa Ubicación Geográfica ITM | 57 |
| Figura 22. Diagrama De Funcionamiento del Módulo. | 58 |
| Figura 23. Toma de datos iniciales con el panel solar | 47 |
| Figura 24. Elementos usados para la medición | 63 |
| Figura 25. Instalación panel sobre la base | 64 |
| Figura 26. Instalación caja inferior | 64 |
| Figura 27. Instalación de base y caja para tomas USB | 65 |
| Figura 28. Instalación Prototipo Terminado | 66 |

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Promedio de insolación anual en Colombia (kWh/m ²). | 18 |
| Tabla 2. Encuesta preguntas frecuentes consumo diario de energía | 43 |
| Tabla 3. Especificaciones técnicas del panel solar | 49 |
| Tabla 4. Especificaciones Técnicas Generador | 50 |
| Tabla 5. Descripción de las etapas del sistema | 52 |
| Tabla 6. Partes del generador Figura 20 | 53 |
| Tabla 7. Indicadores de Operación | 54 |
| Tabla 8. Costo de ahorro de energía AC proyecto mensual solo noche | 55 |
| Tabla 9. Costo de ahorro de energía AC proyecto jornada completa | 56 |
| Tabla 10. Datos obtenidos de las mediciones iniciales con panel solar en la mañana | 59 |
| Tabla 11. Datos obtenidos de las mediciones iniciales con panel solar en la tarde | 60 |
| Tabla 12. Datos obtenidos a varias horas y temperaturas variables | 61 |
| Tabla 13. Datos obtenidos a varias horas y temperaturas variables | 62 |
| Tabla 14: Costo de Equipos y Materiales | 63 |
| Tabla 15. Validación de toma de tiempos | 67 |
| Tabla 16. Validación de toma de tiempos | 68 |
| Tabla 17. Ahorro de energía AC para 29 mesas uso en la noche | 69 |
| Tabla 18. Tabla de consumo de huella de carbono por consumo eléctrico | 70 |

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

LISTA DE ECUACIONES

| | |
|------------|----|
| Ecuación 1 | 46 |
| Ecuación 2 | 46 |
| Ecuación 3 | 46 |
| Ecuación 4 | 54 |
| Ecuación 5 | 55 |
| Ecuación 6 | 76 |

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

La comunicación telefónica con fines académicos y laborales es muy necesaria en todo momento. Siendo el celular un dispositivo electrónico muy usado actualmente para comunicarnos entre usuarios desde cualquier lugar donde nos encontremos y dispongamos de señal. Con este dispositivo cada día aumenta su uso debido a que es una herramienta importante y muy utilizada en caso de emergencias o simplemente al querer hablar por teléfono con alguien, y cuya desventaja del uso del celular es que su batería se descarga muy rápido en cualquier momento.

Una de las dificultades en el ITM es la ausencia de lugares para carga de baterías de celulares presentada en muchas ocasiones por docentes y estudiantes dentro de las instalaciones. Con este problema, surge la idea de diseñar un sistema de carga de baterías de celulares con toma USB carga lenta, con el fin de ofrecer a estudiantes, docentes y visitantes una solución de conectividad en espacios al aire libre y desarrollar los beneficios de usar energías renovables o energías alternativas que promuevan el cuidado del medio ambiente, con las cuales podremos ahorrar energía eléctrica, reducir la huella de carbono y acceder con conexión USB. Será un servicio útil a las personas para poder tomar fotos, grabar videos, hacer llamadas, acceder a datos tales como mapas para localizar lugares, restaurantes, hoteles, usar miles de aplicaciones necesarias para trabajo, académicas y juegos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Crear un sistema eléctrico para alimentar una estación de carga usando la energía solar con un panel fotovoltaico, para carga de baterías para celulares (dispositivos móviles).

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

1.2.2 Objetivos específicos

- ✦ Diseñar un sistema eléctrico de una estación de carga de baterías de celulares en el ITM.
- ✦ Analizar el comportamiento del consumo de la carga para dimensionar el sistema fotovoltaico.
- ✦ Diseñar un prototipo de estación de carga solar al menor costo posible.
- ✦ Realizar pruebas de funcionamiento del sistema y toma de valores para hacer seguimiento y analizar los resultados.
- ✦ Ofrecer conectividad y aumentar la operatividad de los espacios al aire libre.
- ✦ Ofrecer una opción amigable con el medio ambiente para cargar sus dispositivos.
- ✦ Aprovechar la fuente principal de la generación (rayos de sol) son ilimitados, son gratuitos y no producen ningún impacto ambiental.
- ✦ Generar beneficio de no contaminar el medio ambiente, el cual ahorra hasta 250 kg de CO₂ al año.
- ✦ Brindar a estudiantes, docentes y visitantes una solución de conectividad en espacios al aire libre y desarrollar los beneficios de usar energías renovables o energías alternativas que promuevan el cuidado del medio ambiente.

1.3 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

Primero se detectó una necesidad en la institución universitaria, no se contaba con este sistema que beneficiaría a muchas personas, se realizó un esquema del sistema fotovoltaico¹ y sus posibles métodos para el diseño, iniciamos la metodología y la descripción para al final presentar un resultado, una pequeña lista de materiales y precios para su implementación y algunas recomendaciones.

¹ Es un conjunto de dispositivos que aprovechan la energía producida por el sol y la convierte en energía eléctrica.

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ENERGÍA SOLAR

Es una forma de energía renovable, obtenida de la transformación de la radiación electromagnética que llega a la Tierra en forma de luz, calor o rayos ultravioleta la cual proviene del sol, es un recurso ilimitado. Dicha energía ha sido aprovechada gracias a la tecnología es posible almacenarla en células fotovoltaicas para ser aprovechadas para varias finalidades.

Según Raffino (2019) el sol emite energía al espacio y alguna de esta energía impacta a la tierra, logra ingresar un 30% el restante es rechazada por la atmosfera y es absorbida por los océanos. Dicha radiación² se puede transformar en energía eléctrica o calórica y se usa en industrias y hogares.

La energía solar se puede aprovechar de 2 maneras:

- ◆ **Conversión térmica** la cual transforma la energía solar en energía térmica.
- ◆ **Conversión fotovoltaica** en la cual se emplean paneles solares para recolectar la energía luminosa y la convierte en energía eléctrica.

2.1.1 Tipos de energía solar

Las herramientas de aprovechamiento de la energía solar pueden ser pasivas o activas, según su comportamiento:

- ◆ **Activas.** Aquellas que recolectan y almacenan la energía empleando artefactos fotovoltaicos y tecnologías de concentración térmica.

² Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

- ◆ **Pasivas.** Las disposiciones que tienen que ver con la arquitectura bioclimática³, es decir, la orientación de los edificios para recibir mayor luz natural.

2.1.2 Ventajas

- ◆ No requiere de procesos complicados de extracción de materia prima que perjudican al medio ambiente.
- ◆ Es un modelo energético económico a largo plazo, aunque el sol es constante y gratis
- ◆ No tiene riesgos a la salud, es un modelo totalmente renovable mientras el sol exista.

2.1.3 Desventajas

- ◆ La producción de esta energía depende de la cantidad de radiación solar perciba, varía de acuerdo al clima y fenómenos climáticas los cuales minimizan el flujo energético⁴.
- ◆ La obtención de esta energía es económica pero los costos de instalación inicial son costosos.
- ◆ Se requieren grandes extensiones de terrenos para obtener un gran rendimiento energético solar, se usan mucho las zonas desérticas.

A nivel científico, la energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un

³ Consiste en el diseño de edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles como el sol.

⁴ Es aprovechado por los productores primarios u organismos de compuestos orgánicos que, a su vez, utilizarán los consumidores primarios o herbívoros, de los cuales se alimentarán los consumidores secundarios o carnívoros.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial. La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener diferencias de potencial mayores. (APPA, 2009).

2.2 RADIACIÓN SOLAR

Según el IDEAM es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas.

Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima.

La energía procedente del Sol es radiación electromagnética proporcionada por las reacciones del hidrógeno en el núcleo del sol por fusión nuclear y emitida por la superficie solar (Ver Figura 1).

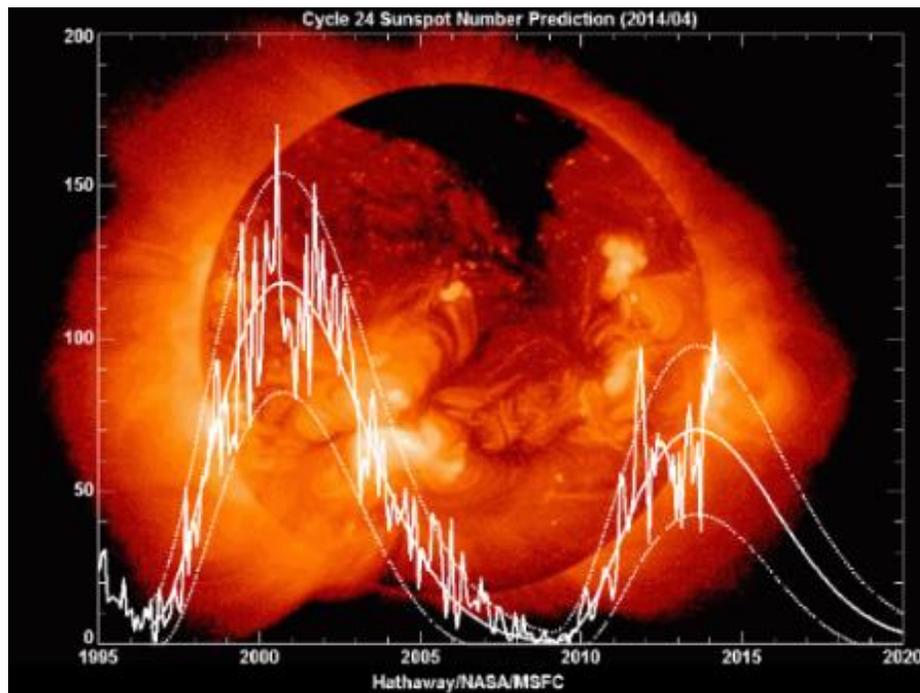


Figura 1. Radiación solar

Fuente: (Solar Cycle Prediction,

<https://solarscience.msfc.nasa.gov/images/Cycle22Cycle23Cycle24big.gif>)

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

La radiación solar proporciona efectos fisiológicos positivos tales como estimular la síntesis de vitamina D, que previene el raquitismo y la osteoporosis; favorecer la circulación sanguínea actuando en el tratamiento de algunas dermatosis y en algunos casos estimulando la síntesis de los neurotransmisores cerebrales responsables del estado anímico. (Ideam, 2014). En las Figura 2 y 3; y la tabla 1 se registra la intensidad de radiación solar en diferentes regiones de Colombia.

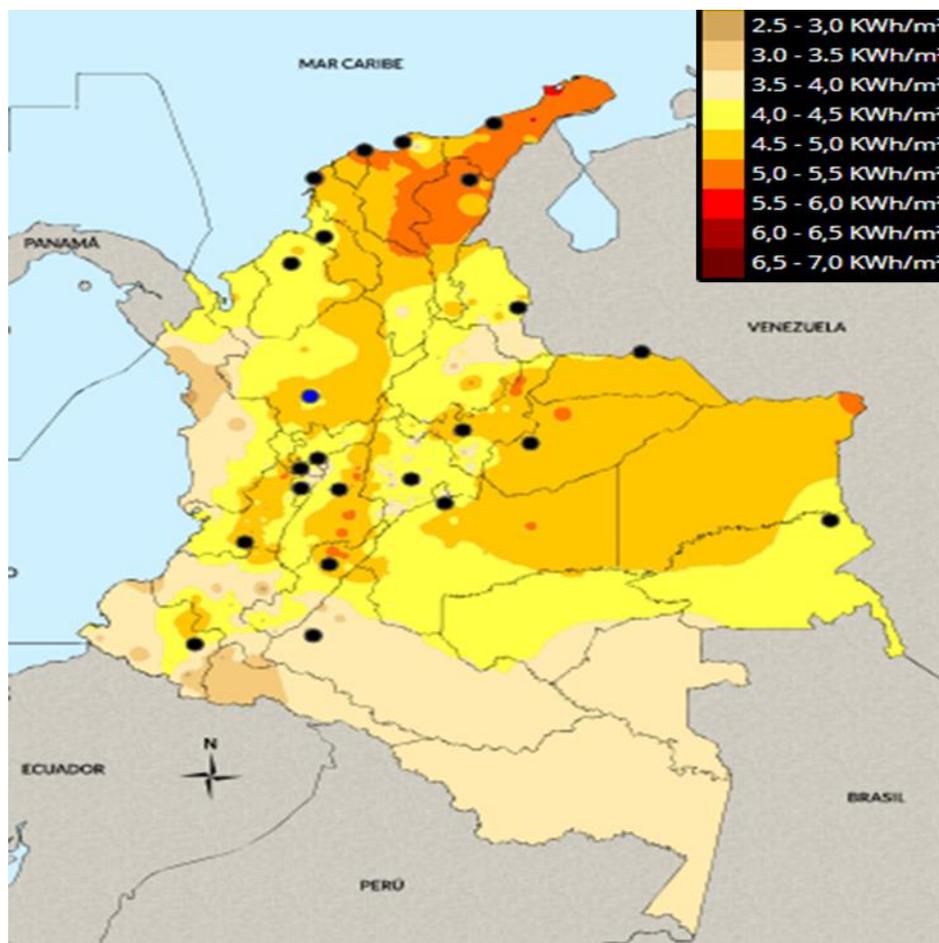


Figura 2. Radiación en Colombia

Fuente: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Tabla 1. Promedio de insolación anual en Colombia (kWh/m²).

| REGION | KWh/m ² AÑO |
|-----------------|------------------------|
| Guajira | 2190 |
| Costa Atlántica | 1825 |
| Orinoquía | 1643 |
| Amazonía | 1551 |
| Andina | 1643 |
| Costa Pacífica | 1278 |

Fuente: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

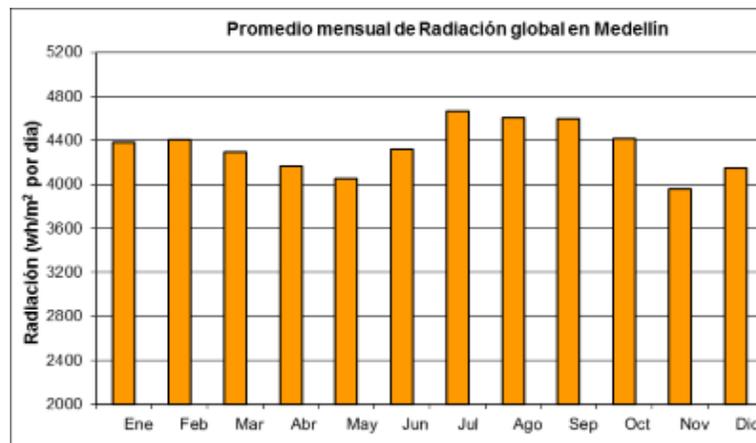


Figura 3. Promedio Radiación Colombia

Fuente: <http://atlas.ideam.gov.co/>, 2104

Según el Atlas de radiación solar de Colombia, el país cuenta con un recurso solar importante, se estima una irradiación promedio mensual que varía entre los 4 y 6 kWh por día, siendo las regiones de La Guajira, Arauca, parte del Vichada, las regiones de los valles del Río Cauca y del Río Magdalena y San Andrés y Providencia las de mayor recurso. Comparado con los porcentajes mundiales.(IDEAM, 2014) .

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Según el centro de datos de ciencia atmosférica de la NASA, el índice de claridad de insolación y la radiación incidente promediados mensualmente en la ubicación de Medellín Colombia (Latitud 6.217 / Longitud -75.567) es 4.5 NWh / m²/ d. (NASA, 2015).

2.3 ENERGÍAS RENOVABLES

Son aquellas energías que provienen de los recursos naturales que no se agotan y los que se tienen acceso de manera permanente. Se obtienen de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales (Ver Figura 4).

Los tipos de energías renovables más conocidas tenemos la energía solar, la energía eólica, la energía geotérmica, la biomasa, la energía mareomotriz, la energía hidráulica, y la energía eléctrica.

Las energías renovables son indispensables para el desarrollo económico de un país. El rápido crecimiento demográfico, la expansión del sector industrial, el acelerado crecimiento tecnológico, entre otros factores, han incrementado la demanda de energía, y, en consecuencia, el sistema eléctrico es cada vez más susceptible de no satisfacer el consumo de energía. (Cortés & Londoño, 2017).



Figura 4. Energías renovables.

Fuente: Uso y acceso a las energías renovables en territorios rurales (IICA, 2014).

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

En América Latina varios países han acogido las energías renovables en sus matrices energéticas⁵. Los proyectos en energías renovables se han convertido en una prioridad para América Latina debido a los retos energéticos como: la demanda poblacional, la alta dependencia de combustibles fósiles y el cambio climático.

El sector energético es el responsable del 60 % de las emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero (GEI), y la falta del servicio básico de energía (1,5 billones de personas en el mundo) impacta la cobertura de las necesidades de la población.

Colombia ocupa el séptimo lugar en el ranking de 26 países que hacen los mayores esfuerzos para fomentar el crecimiento de la energía limpia o bajas en carbono. La baja inversión en materia de energía limpia y la poca financiación de proyectos verdes impidieron un mejor posicionamiento del país. (Climatoscopio, 2012).

Las energías renovables son fundamentales para el desarrollo humano y económico de un país, su incorporación puede solucionar el problema del suministro de energía eléctrica en zonas no interconectadas; por ejemplo, la energía solar es una opción muy atractiva para atender la demanda en zonas muy lejanas, como las comunidades indígenas.

Las energías renovables mejora la seguridad energética de un país, diversificando la matriz nacional, y limitando el aumento de importaciones de combustibles extranjeros.(Cortés & Londoño, 2017)

El agotamiento de las energías no renovables (gas natural, carbón, petróleo y energía nuclear) y el impacto que tiene su explotación para el medio ambiente han incrementado el interés en la diversificación de la matriz energética, mediante la incorporación de energías renovables en el sistema eléctrico. Entre las principales ventajas de las energías renovables se destacan su naturaleza inagotable, renovable y su utilización libre de polución (Rodríguez, 2009).

⁵ En Brasil, el 81% de la electricidad es producida a partir de energías renovables. En Paraguay, Uruguay y Costa Rica, esa proporción llega casi al 100%.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

2.3.1 Ventajas

- ◆ No contaminan y es la alternativa de energía más limpia que existe, es amigable con el medio ambiente.
- ◆ No generan ningún riesgo a la salud y los residuos no crean ninguna amenaza a las personas.
- ◆ A futuro va a generar miles de empleos por el gran aumento por demanda e implementación.
- ◆ Son fuentes inagotables y gratuitas.

2.3.2 Desventajas

- ◆ Inversión inicial muy alta.
- ◆ La disponibilidad es un problema porque no siempre se dispone de ellas o se debe esperar que haya buen almacenamiento.

2.4 ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES

El sistema energético nacional colombiano mediante su integración al mercado eléctrico, en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Crea la Ley 1715 de 2014, "Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.", que busca además, promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética⁶ como la respuesta de la demanda.

2.5 MARCO LEGAL

El Ministerio de Minas y Energía a través de esta sección de su Portal WEB pone a disposición de la ciudadanía los decretos que se han expedido en el marco de la reglamentación de la Ley 1715 de 2014.

⁶ Es el objetivo de reducir la cantidad de energía requerida para proporcionar productos y servicios.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

- ◆ Resolución Min Ambiente 1312 de 11 agosto de 2016, "Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de fuentes de energía eólica continental y se toman otras determinaciones".
- ◆ Resolución Min Ambiente 1283 de 8 agosto de 2016, "Por la cual se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables - FNCER y gestión eficiente de la energía, para obtener los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones".
- ◆ Decreto 2143 de 2015, "Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo III de la Ley 1715 de 2014".
- ◆ Resolución UPME 0281 de 2015, "Por la cual se define el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala".
- ◆ Resolución CREG 024 de 2015, "Por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el Sistema Interconectado Nacional (SIN)".
- ◆ Decreto 1623 de 2015, "Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas".
- ◆ Decreto 2492 de 2014, "Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda".
- ◆ Decreto 2469 de 2014, "Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración" (Minenergía, 2014).

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Colombia necesita adoptar sistemas de energía renovable muy pronto, según la revista dinero el país solo aportó el 1% de la matriz energética en el año 2017 por lo que plantean que Colombia debe crecer mucho más en energías renovables.

Un estudio realizado por la Universidad Jorge Tadeo Lozano y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) plantea que en el año 2030 el país debe consumir un 30% de energías limpias o renovables no convencionales y 70% de las fuentes tradicionales (hidroeléctrica y térmica).

Si bien se han comenzado a dar los primeros pasos, el reto no es menor. El pasado 23 de marzo, el Ministerio de Minas y Energía expidió el Decreto 0570, mediante el cual se establecen los lineamientos para contratar proyectos de generación de energías renovables a largo plazo que complementen a los actuales; con lo cual se espera que se comiencen a dar este tipo de iniciativas.

La UPME tiene inscritos 299 proyectos que participarían en la subasta promovida a través del Decreto 0570. De estas iniciativas, 255 corresponden a solar-fotovoltaica; 18 a centrales hidroeléctricas pequeñas; 10 a biomasa; 8 a iniciativas solar-térmicas; 6 a energía eólica; una a geotérmica y otra más a híbrida. (Dinero, 2018).

2.5.1 Normas de consulta

- ◆ Norma Técnica Colombiana 1736 (NTC 1736). Energía solar. Definiciones y Nomenclatura.
- ◆ Norma Técnica Colombiana 2775 (NTC 2775). Energía Solar Fotovoltaica. Terminología y Definiciones.
- ◆ Norma Técnica Colombiana 2959 (NTC 2959). Energía fotovoltaica. Guía para Caracterizar las Baterías de Almacenamiento para sistemas Fotovoltaicos. 77
- ◆ Norma Técnica Colombiana 4405 (NTC 4405). Energía fotovoltaica. Eficiencia energética. Evaluación de la eficiencia de los Sistemas solares fotovoltaicos y sus Componentes.
- ◆ Norma Técnica Colombiana 5287 (NTC5287). Baterías para sistemas solares fotovoltaicos.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

2.5.2 Requisitos generales

- ✦ Norma Técnica Colombiana 5433 (NTC5433). Informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos.
- ✦ Norma Técnica Colombiana 6016 (NTC6016). Controladores de carga de batería para instalaciones fotovoltaicas, comportamiento y rendimiento.
- ✦ Norma Técnica Colombiana 6035 (NTC6035). Equipos fotovoltaicos (FV) autónomos. Verificación de diseño.
- ✦ Norma Técnica Colombiana 2050 (NTC2050 - Código Eléctrico Colombiano). Se consultará la sección 690, correspondiente a los sistemas solares fotovoltaicos.

2.6 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Permite transformar la luz solar en electricidad usando una tecnología basada en efecto fotovoltaico, al recibir la radiación solar sobre la cara que tienen la célula fotoeléctrica, se produce un diferencial eléctrico lo que produce que los electrones salten de un lugar a otro generando así la corriente eléctrica.

Hay varios tipos de paneles solares fotovoltaicos:

- ✦ **Generadores:** son usados para usos normales en nuestros hogares, oficinas y universidades.
- ✦ **Térmicos:** Se instalan en hogares, pero deben tener la radiación directa del sol.
- ✦ **Termodinámicos:** Estos funcionan de día o noche funcionan, aunque halla variación meteorológica.

2.6.1 Beneficios de la energía fotovoltaica

- ✦ Los cargadores solares utilizan energía renovable 100%
- ✦ Amigable con el medio ambiente.
- ✦ No es contaminante.
- ✦ Se usa en zonas urbanas y rurales.
- ✦ La inversión inicial es alta, pero a futuro es sostenible.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

- ◆ Es aplicable en diversos sitios y para muy diferentes usos.
- ◆ Es muy simple al momento de ser instalada.
- ◆ Tiene bajo costo de operación y mantenimiento.
- ◆ Sistema muy confiable puesto que el sol es una fuente limpia e inagotable lo mejor que es gratis.

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de equipos construidos e integrados especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales:

- ◆ Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica.
- ◆ Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada.
- ◆ Proveer adecuadamente la energía producida y almacenada
- ◆ Utilizar eficientemente la energía producida y almacenada.

2.7 HISTORIA DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

En 1838 aparece la energía solar fotovoltaica en la historia de la energía solar. En 1838 el francés Alexandre Edmond Becquerel descubrió por primera vez el efecto fotovoltaico. Becquerel estaba experimentando con una pila electrolítica con electrodos de platino y se dio cuenta que al exponerla al Sol subía la corriente. Era el inicio de la energía solar fotovoltaica.

El siguiente paso se dio en 1873 cuando el ingeniero eléctrico inglés Willoughby Smith descubre el efecto fotovoltaico en sólidos. En este caso sobre el Selenio.

Pocos años más tarde, en 1877, El inglés William Grylls Adams profesor de Filosofía Natural en la King College de Londres, junto con su alumno Richard Evans Day, descubrieron que cuando exponían selenio a la luz generaba electricidad. De esta forma, crearon la primera célula fotovoltaica de selenio.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |



Figura 5. Usos de paneles fotovoltaicos.

Fuente: Energía solar fotovoltaica (solar-energia, 2019)

Desde mediados del siglo XX la NASA ha usado en satélites la tecnología de paneles solares, para producir electricidad necesaria para su funcionamiento a partir de la luz solar (Ver Figura 5)⁷.

En 1953, Calvin Fuller, Gerald Pearson, y Daryl Chapin, descubrieron la célula solar de silicio. Esta célula producía suficiente electricidad y era lo suficientemente eficiente para hacer funcionar pequeños dispositivos eléctricos. Estas células fotovoltaicas tendrían una gran importancia en el futuro de la historia de la energía solar.

2.8 CÉLULA FOTOVOLTAICA

Están diseñadas para albergar un efecto fotovoltaico, que es la base para convertir la irradiación en energía eléctrica. Dado que la luz está compuesta por fotones de diferentes longitudes de onda, y por lo tanto de diferente energía (Ver Figura 6).

Algunos tipos de células se describen a continuación, con sus principales características (Abella, 2005).

⁷ La energía solar espacial presenta pros y contras respecto a otras fuentes energéticas.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | <p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p> | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |



Figura 6. Célula fotovoltaica

Fuente: (solar-energía, 2019)

2.8.1 Célula Mono cristalina

Suelen presentar una forma cuadrada, con las esquinas redondeadas. Antiguamente tenían forma circular. Esto se debe al proceso de crecimiento del cristal de silicio mono cristalino que presenta una forma cilíndrica.

El silicio mono cristalino es el material utilizado para fabricar células fotovoltaicas debido a su capacidad para absorber la radiación. Consiste en silicio en el que la red cristalina de todo el sólido es continua

- ◆ Su comportamiento uniforme lo hace buen conductor.
- ◆ Es de difícil fabricación.
- ◆ Se reconoce por su monocromía azulada oscura y metálica.
- ◆ Su rendimiento oscila entre 15 – 18 %.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

2.8.2 Célula Poli cristalina

El silicio poli cristalino ("poli silicio") es un material que consiste en pequeños cristalitas de silicio. Ocupa una posición intermedia entre el silicio amorfo⁸, en el que no existe un orden de largo alcance, y el silicio mono cristalino.

Presenta una estructura ordenada por regiones separadas, Los enlaces irregulares de las fronteras cristalinas disminuyen el rendimiento de la célula (Ver Figura 7).



Figura 7. Diferencias entre mono cristalino y poli cristalino

Fuente: (solar-energia, 2019)

La célula solar fotovoltaica más habitual es una lámina de silicio cristalino de un espesor aproximado de 0,3 mm. El proceso de elaboración es de un nivel sofisticado y delicado para poder conseguir una homogeneidad del material.

El campo eléctrico se genera a partir de la diferente polarización de dos zonas de la célula fotovoltaica. Generalmente, la parte superior tiene un carácter negativo y el resto positivo para crear la unión p-n.

⁸ Es un polvo fino y blanco, se forma durante la fabricación del silicio elemental y de las aleaciones de silicio.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Se consigue, así, que una de sus zonas tenga:

- ◆ Defecto de electrones, llamada zona p o positiva, o ánodo o receptor. Generalmente, se consigue añadiendo al silicio puro una pequeña parte de boro que solo tiene 3 electrones de valencia.
- ◆ Exceso de electrones, llamada n negativa, o cátodo o emisor, generalmente formada por la difusión de fósforo que tiene 5 electrones en la última órbita.

Debido a esta diferencia de carga eléctrica en el material, se produce el campo eléctrico encargado de empujar los electrones a salir de la célula por la superficie de la capa N, lo que implica el establecimiento de una corriente eléctrica.

La célula solar está dotada de unos contactos eléctricos para poder canalizar la energía que produce cuando se la ilumina. Estos contactos están diseñados de forma ramificada (en la cara soleada). Hay dos de principales y, además, están las ramificaciones que los unen para recaudar mejor los electrones en toda la superficie de la célula. El objetivo es combinar la vez un buen contacto eléctrico, de baja resistividad y hacer la mínima sombra para que los fotones lleguen al material activo de la célula.

En la cara posterior, los contactos suelen formar una trama apretada o, incluso, una lámina continua que permite la reducción del valor de la resistencia interna. (solar-energia, 2019)

2.9 PANEL FOTOVOLTAICO

Un panel fotovoltaico se compone de un grupo de células fotoeléctricas formando. Este grupo de células fotovoltaicas forman una red de células solares conectadas en circuito en serie para aumentar la tensión de salida a la vez que se conectan varias redes en circuito en paralelo para aumentar la corriente eléctrica que es capaz de proporcionar el dispositivo. El tipo de corriente eléctrica que proporciona es corriente continua.

Son placas rectangulares formadas por un conjunto de celdas fotovoltaicas protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado, producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos mediante el efecto fotoeléctrico (Ver Figura 8).

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

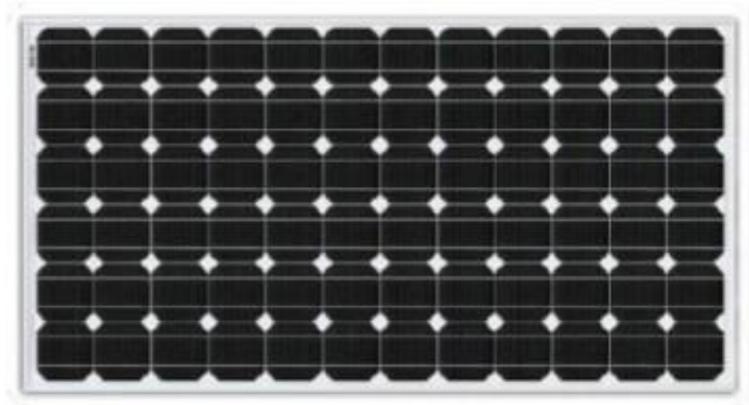


Figura 8. Paneles Solares Mono cristalinos de Celdas De Silicio

Fuente: (solar-energia, 2019)

Las celdas solares de silicio mono cristalino, son bastante fáciles de reconocer por su coloración y aspecto uniforme, que indica una alta pureza en silicio.

En este tipo de paneles fotovoltaicos las celdas mono cristalinas se fabrican con bloques de silicio, que son de forma cilíndrica. Luego, con el objetivo de reducir los costes de fabricación de las celdas fotovoltaicas mono cristalinas y de optimizar el su rendimiento, se recortan los cuatro lados de los bloques cilíndricos para hacer láminas de silicio (Ver Figura 9).

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |



Figura 9. Paneles Fotovoltaicos Poli Cristalinos De Silicio

Fuente: (solar-energia, 2019)

Los paneles fotovoltaicos poli cristalinos, a diferencia de los paneles mono cristalinos, en su fabricación no se emplea el método Czochralski⁹. En este tipo de panel solar el silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación, se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas. Los paneles solares a base de células poli cristalinas cuentan con una larga trayectoria en la industria, puesto que su fabricación arrancó ya en la década de los ochenta. Los primeros paneles solares poli cristalinos de silicio aparecieron en el mercado en 1981.(revistavivienda & Esco-tel, 2013)

2.9.1 Ventajas

- ♦ Su mayor respecto a las celdas mono cristalinas parte de un proceso de producción de menor coste, que tira a la baja el precio final de estos sistemas.

⁹ Consiste en un procedimiento para la obtención de lingotes mono cristalinos. Fue desarrollado por el científico polaco Jan Czochralskia partir de 1916.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

2.9.2 Desventajas

- ♦ La menor tolerancia al calor de estas celdas hace que cuenten con una eficiencia inferior a la alternativa mono cristalina. En concreto, se estima que en los paneles que incluyen estas celdas el ratio de eficiencia es de un máximo del 16%, fundamentalmente por la menor cantidad de silicio que incorporan. (solar-energia, 2019)

2.10 LA BATERÍA

Almacenan energía eléctrica en periodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica. Proveen la energía eléctrica necesaria en periodos de baja o nula radiación solar.

Proveen un suministro de energía estable y adecuada para la utilización de aparatos eléctricos, Su objetivo es suministrar energía a la carga independientemente de la producción eléctrica del generador fotovoltaico (Ver Figura 10).



Figura 10. Batería solar

Fuente.(Proviento Ecuador, 2017)

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Las baterías fotovoltaicas son un componente muy importante de todo el sistema pues realizan tres funciones esenciales para el buen funcionamiento de la instalación:

- ◆ Almacenan energía eléctrica en periodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica. Durante el día los módulos solares producen más energía de la que realmente se consume en ese momento. Esta energía que no se utiliza es almacenada en la batería.
- ◆ Proveen la energía eléctrica necesaria en periodos de baja o nula radiación solar. Normalmente en aplicaciones de electrificación rural, la energía eléctrica se utiliza intensamente durante la noche para hacer funcionar tantas lámparas o bombillas, así como un televisor o radio, precisamente cuando la radiación solar es nula. Estos aparatos pueden funcionar correctamente gracias a la energía eléctrica que la batería ha almacenado durante el día.
- ◆ Proveen un suministro de energía eléctrica estable y adecuada para la utilización de aparatos eléctricos. La batería provee energía eléctrica a un voltaje relativamente constante y permite, además, operar aparatos eléctricos que requieran de una corriente mayor que la que puede producir los paneles. (Bun-CA, 2002).

Según la página web FVEU ENERGIAS RENOVABLES, (Fveu.eu, 2019) podemos diferenciar el tipo de batería según la potencia que necesite la instalación solar:

- ◆ **Baterías AGM:** son baterías para pequeñas aplicaciones solares, para potencias de hasta 40 Ah en 12V, batería con un buen precio teniendo en cuenta que suelen tener una vida útil de aproximadamente 5 años. Además, tienen la ventaja de que no necesitan mantenimiento.
- ◆ **Baterías Plomo-Ácido OPzS o tubular:** Son baterías también de Plomo-Ácido, pero con un diseño tubular, con lo que se alarga la vida útil de la batería hasta los 15 años y con ello alarga la vida todo el kit solar. Se componen de vasos de 2V que se pueden ir combinando hasta formar los 12, 24 o 48 V de la batería. El mantenimiento es el mismo que en la anterior es rellenar el electrolito con agua destilada.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

- ✦ **Baterías Plomo-Ácido Monoblock:** Como hemos dicho anteriormente, son las baterías solares con mejor precio, por lo que son las más usadas en los kits solares. Estas baterías comprenden un amplio espectro pues empiezan a partir de 12V / 65 Ah hasta potencias de 12V / 250 Ah. Si se requiere más potencia se pueden combinar varias baterías, también dependiendo de si tenemos un solo panel solar o varios. Tienen una vida útil de aproximadamente 7 años y aunque necesitan mantenimiento, éste es muy sencillo, simplemente hay que rellenar el electrolito¹⁰ con agua destilada.
- ✦ **Baterías de Gel:** Estas baterías pueden ser de placa plana o de placa tubular. Las potencias son prácticamente las mismas que las de plomo-ácido. La diferencia está sobretodo en que tienen una vida útil larga y ningún mantenimiento, por lo que es la más adecuada para instalaciones solares que requieran una duración larga de las baterías.

2.11 EL REGULADOR DE CARGA

Controla tanto el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la batería, como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia la carga, evitando la sobrecarga y descarga profunda de la batería (Ver Figura 11).

¹⁰ Es cualquier sustancia que contiene en su composición iones libres, que hacen que se comporte como un conductor eléctrico.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |



Figura 11. Regular de carga solar.

Fuente: (Proviendo Ecuador, 2017)

Es un dispositivo electrónico diseñado para mantener un nivel de tensión constante. Dentro de sus principales características se encuentran:

- ◆ **Tensión de funcionamiento:** es la tensión a la que debe estar conectado el sistema generador (paneles) normalmente 12 o 24 V.
- ◆ **Intensidad de carga:** máxima intensidad que puede entregar el sistema generador en servicio permanente.
- ◆ **Intensidad de descarga:** es la máxima intensidad que puede entregar el regulador de manera permanente, debe corresponderse con la del sistema de acumulación, de esta manera se evitarán sobre cargas. (Guerrero P., 2017).

2.12 CELULAR

Un celular es un artefacto que sirve para comunicarse de forma móvil. La tecnología consiste básicamente en antenas distribuidas en un área de cobertura que interactúa con el artefacto, enviando y recibiendo señales con el mismo. Los celulares son una alternativa para mantenerse conectado con distintos contactos (Ver Figura 12). (Definición, 2014)

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |



Figura 12. Celular.

Fuente: (Definición, 2014)

La función básica del celular es comunicar es por tal motivo que es muy importante en nuestra sociedad, es muy usado en caso de emergencias, para estar en contacto con sus seres queridos y amigos.

Otras razones el por qué el celular es importante, es porque permite trabajar desde donde se encuentre la persona, bien sea que este en casa de viaje de negocios o de vacaciones etc.

A partir del siglo XXI, los teléfonos móviles han adquirido funcionalidades que van mucho más allá de limitarse sólo a llamar o enviar mensajes, tienen funciones como agenda, reloj despertador, cronometro, calculadora, radio, cámara de fotos, cámara de video, videojuegos, y GPS; hoy en día son más completos con infinidad de aplicaciones muy útiles en la vida cotidiana, tales como Facebook, WhatsApp entre otros, a este tipo de evolución del teléfono móvil se le conoce como teléfono inteligente o Smartphone.

2.12.1 Los celulares y el acceso a Internet

Hoy en día la mayoría de los celulares poseen conexión a Internet, lo que les posibilita otras tareas:

- ♦ **Acceder a datos:** los celulares permiten consultar mapas si están perdidos o poder buscar datos específicos en una reunión en la cual no poseen una computadora, entre otras cosas.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

- ◆ **Comunicar a la distancia:** permite que personas que viven a mucha distancia puedan comunicarse entre sí de una forma no tan cara, por ejemplo, utilizando las mensajerías que funcionan con internet y que tienen un alcance mundial.
- ◆ **Sacar fotos y grabar videos:** no sólo sirve para comunicarse, sino que también puede ser utilizado para fotos, al igual que filmar videos, esta función es muy utilizada cuando uno necesita una cámara fotográfica y no la posee en ese preciso momento.
- ◆ **Usar aplicaciones:** en el celular hay aplicaciones de uso cotidiano que también le otorgan importancia a este dispositivo, como el caso de la calculadora, del correo electrónico, etc.

La importancia del celular móvil radica en la posibilidad de comunicarse, también es utilizado para resolver asuntos a distancia; para ubicarse si se encuentran perdidos consultando un mapa en la web; para utilizar aplicaciones necesarias frecuentemente, entre otras. (Deborah, 2014).

2.13 GENERADORES SOLARES

Son pequeños generadores de electricidad usados para funcionar con energía solar, los cuales poseen una batería interna para almacenar la electricidad con diferentes fuentes (Ver Figura 13).

Una fuente son los paneles fotovoltaicos y otra energía eléctrica.

◆ **Funcionamiento**

Cuando se conecta a los paneles solares fotovoltaicos, la batería inicia a cargarse luego de unos minutos se enciende el botón verde indicando que ya podemos usar el generador.

En la actualidad ya se pueden encontrar varios generadores solares que pueden dar una potencia de salida de 1500 vatios. Normalmente los de gama media de entre 500 a 700 W suele ser suficiente para las necesidades básicas de iluminación y pequeños electrodomésticos de baja potencia como ordenadores, recarga de teléfonos móviles, cafeteras, entre otros.(EXELSOLAR, 2019).

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

2.13.1 Ventajas

- ◆ Sistema más ecológico porque no emite CO₂.
- ◆ Se puede usar en interior porque genera muy poco ruido.
- ◆ Tiene varios sistemas de recarga de la batería.
- ◆ Cuenta con varios usos para aparatos que funcionan con corriente alterna o corriente continua.

2.13.2 Desventajas

- ◆ Precio más elevado en comparación con los generadores eléctricos de gasolina convencionales.
- ◆ No son recomendables para aparatos electrónicos con motor de inducción y gran pico de arranque.



Figura 13. Generador Solar

Fuente: www.Sib7.com

2.14 CIRCUITOS ELÉCTRICOS Y CABLES

Estos son muy importantes porque unen los paneles solares fotovoltaicos y las baterías, se usan para controlar el perfecto funcionamiento de todos los componentes, proveen la salida de carga eléctrica de las baterías hacia los dispositivos a utilizar con sus respectivos conectores (Ver Figura 14).

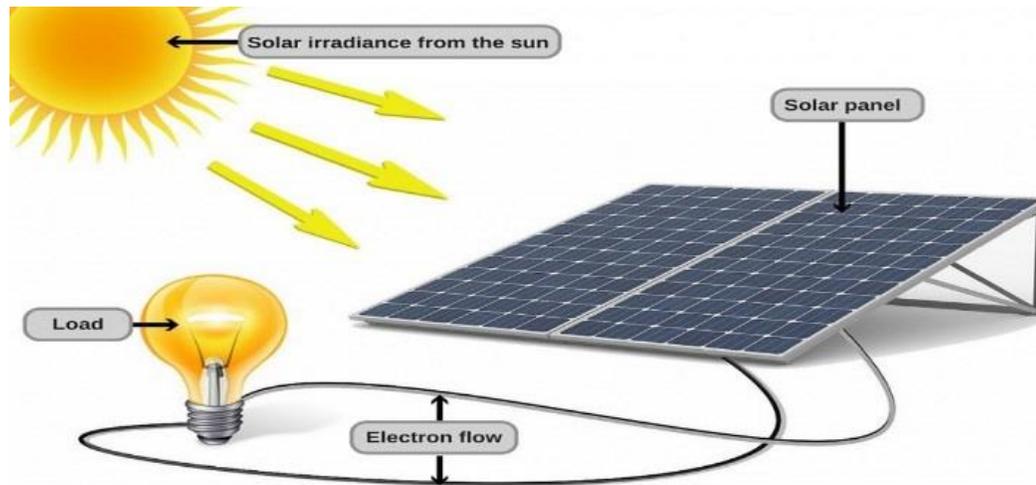


Figura 14. Efecto Fotovoltaico En Paneles Solares

Fuente: <https://www.renovablesverdes.com/efecto-fotovoltaico/>

2.15 ESTACIÓN DE CARGA PARA CELULARES EXISTENTES COMO EJEMPLO

Existen varios ejemplos de diseños aplicados a nivel mundial de estaciones de carga de baterías de celulares (Ver Figuras 15 a 18):



Figura 15. Diseño de la empresa EnerFusion

Fuente: <http://www.ecoindus.com> .

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | <p>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p> | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |



Figura 16. Diseño Usbe

Fuente: https://www.ambientesoluciones.com/sitio/contenidos_mo.php?it=5241



Figura 17. Diseño mesa acero inoxidable Universidad de Costa Rica

Fuente: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2016/12/16/ucr-estrena-estaciones-de-recarga-con-energia-solar.html>

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |



Figura 18. Diseño Girasol de Zonas verdes de recarga EPM en parque de los pies descalzos de Medellín-Colombia.

Fuente: Blog de energías renovables. (avatar energia, 2019)

2.16 HUELLA DE CARBONO

La huella de carbono es un indicador que mide el impacto de una actividad sobre el calentamiento global. Este indicador ambiental es la suma de todas las emisiones de Gases de Efecto Invernadero causadas directa o indirectamente por un individuo, organización, evento o producto. De forma simple, la huella de carbono se puede entender como la marca que se deja sobre el medio ambiente con cada actividad que emite gases de efecto invernadero.

La huella de carbono se expresa en unidades de carbono equivalente (CO_2 equ). Se utiliza esta unidad, pues la Huella de Carbono va más allá de la medición única del CO_2 emitido, ya que tienen en cuenta todos los GEI que contribuyen en el calentamiento global para después convertir los resultados individuales de cada gas a equivalentes de CO_2 .

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

2.16.1 ¿Cómo calcular tu huella de carbono?

La huella de carbono mide la cantidad de gases de efecto invernadero¹¹ que emitimos a la atmósfera. Puede calcularse para una empresa, pero también para una persona. Contaminas más de lo que crees.

Se refiere al número de emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero que cada persona.

Cada hogar emite anualmente un promedio de 8,5 toneladas de gases de efecto invernadero. Una cantidad que sigue en aumento pese a la crisis económica, con incrementos de casi el 15% en las últimas dos décadas. La mayor parte de toda esta contaminación tiene que ver con el consumo de energía: electricidad, gas y gasolina/diesel.

Pero más allá de las medias existen grandes diferencias entre la huella de una empresa y la de otra, o entre la huella de una persona y la de otra. El nivel de emisiones contaminantes varía según las rutinas y comportamientos. Todo esto se puede medir y tiene una lógica. Piénsalo bien. ¿Cuánto usas el auto? ¿Cuánto usas de energía en tu hogar? ¿Tienes alguna idea de cuántos kWh de electricidad consumes al mes? (endesaclientes, 2017)

Existen muchas calculadoras para saber la huella de carbono, entre estas encontré la del parque Arvi en Medellín, en la cual con una serie de preguntas nos puede determinar nuestra huella de carbono. (Parque Arvi, 2019)

Hicimos el ejercicio y respondimos a las preguntas (Ver Tabla 2).

¹¹ Es un fenómeno natural que ocurre en la Tierra gracias al cual la temperatura del planeta es compatible con la vida.

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Tabla 2. Encuesta preguntas frecuentes consumo diario de energía

| CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA | CONSUMO DE GAS NATURAL |
|--|--|
| ¿Cuál es el valor promedio, en tu factura de servicios públicos, de tu consumo mensual de Energía Eléctrica? | ¿Cuál es el valor promedio, en tu factura de servicios públicos, de tu consumo mensual de Gas Natural? |
| \$0-\$20.000 | \$0-\$18.000 |
| \$20.000-\$30.000 | ✓ \$18.000-\$25.000 |
| ✓ \$30.000-\$50.000 | \$25.000-\$50.000 |
| \$50.000-\$100.000 | \$50.000-\$70.000 |
| \$100.000-\$150.000 | \$70.000-\$120.000 |
| ALIMENTACIÓN | TRANSPORTE EN AUTO PARTICULAR |
| ¿Cuál es tu tipo de Dieta? | ¿Cuántas horas semanales viajas en auto particular? |
| Elige una opción que sea acorde a tus hábitos alimenticios | No viaje en auto particular |
| Alta en carne | De 3 a 6 horas |
| ✓ Baja en carne | De 6 a 10 horas |
| Solo pescado | ✓ Más de 10 horas |
| Vegetariana | |
| TRANSPORTE EN MOTO | VIVIENDA |
| ¿Cuántas horas semanales viajas en moto? | ¿Cuántas personas viven en tu hogar? |
| No viaje en moto | Seleccione 3 personas |
| De 1 a 3 horas | |
| ✓ De 3 a 6 horas | |
| | |
| TRANSPORTE EN BUS | TRANSPORTE EN METRO |
| ¿Cuántas horas semanales viajas en bus? | ¿Cuántas horas semanales viajas en metro? |
| ✓ No viaje en bus | ✓ No viaje en metro |
| De 1 a 3 horas | De 1 a 3 horas |
| De 3 a 6 horas | De 3 a 6 horas |
| De 6 a 10 horas | De 6 a 10 horas |

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

| | |
|-----------------|------------------|
| Más de 10 horas | De 10 a 15 horas |
|-----------------|------------------|

| COMPRAS DE ELECTRÓNICA | COMPRAS Y CONSUMO |
|---|--|
| ¿Cuánto dinero gastó el último año en dispositivos electrónicos? (teléfonos celulares, televisores, etc.) | ¿Cuánto dinero gasta mensualmente en ropa y zapatos? |
| \$0 - \$100.000 | ✓ \$0-\$30.000 |
| \$100.000 - \$200.000 | \$30.000-\$60.000 |
| \$200.000 - \$800.000 | \$60.000-\$100.000 |
| ✓ \$800.000 - \$1.500.000 | \$100.000-\$150.000 |
| RESULTADO Tu Huella de Carbono al año es de: 3 TON/CO2/año | |

Fuente: elaboración propia.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

3. METODOLOGÍA

Se realizó un diseño de un sistema eléctrico portátil para alimentar una estación de carga usando la energía solar con un panel fotovoltaico, para carga de baterías para celulares (dispositivos móviles) mediante un toma USB para carga lenta, en una mesa con sillas existente en Instituto Tecnológico Metropolitano.

El panel genera electricidad a partir de los rayos solares, cuya energía es obtenida en DC (corriente directa) es procesada por un inversor el cual sincroniza el sistema y transforma de corriente directa a corriente alterna a 120 voltios, usamos un convertidor para que a la salida nos de 5 voltios en cada salida USB para cargar los dispositivos, En una salida auxiliar del generador instalado se instala una luz led de 3 W, para que al anochecer una fotocelda nos encienda la luz y nos ilumine hasta acabar la carga almacenada y al día siguiente el sistema debe recargarse de nuevo con la radiación solar, ya que este tipo de carga y descarga beneficia los equipos y su vida útil.

Para comenzar con este diseño de un sistema eléctrico para carga de baterías de celulares usando un panel fotovoltaico y con salidas de tomas USB de carga lenta que ayudan a la vida útil de las baterías y con este sistema se aprovechan las energías alternativas, fue necesario conocer las necesidades que existían en la universidad y le estamos haciendo realidad este proyecto que va a beneficiar a estudiantes, docentes y visitantes con una solución de conectividad en espacios al aire libre y desarrollar los beneficios de usar energías renovables o energías alternativas que promuevan el cuidado del medio ambiente, con las cuales podremos ahorrar energía eléctrica, reducir la huella de carbono, acceder a conexión a USB, servicio útil a las personas para poder tomar fotos, videos y hacer llamadas.

Es necesario que la población beneficiada sea consiente que este sistema el tiempo de carga es mayor que el normalmente usamos en AC a 110 Voltios porque aquí solo utilizamos 5 V que nos da cualquier toma USB.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Para dar inicio con los cálculos se utiliza una batería de celular de Li-ion la cual tiene un voltaje entre 3,7 V y 3,85 V y la energía acumulada se mide en Vatios hora (Wh), y algunas baterías de 3.000 mAh = 3.0 Ah, usadas en la mayoría Smartphone.

Como ejemplo:

$$E_{\text{celular}} = 3.7 \text{ V} \times 3.0 \text{ Ah} = 11.1 \text{ [Wh]} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

V: Voltios

Ah: Amperios hora

Wh: Vatios hora

Si un móvil precisa de una potencia de 5W para hacer funcionar sus sistemas, una batería de 11,1 Wh podrá alimentarlo durante dos horas y un poco más.

La energía requerida es dada por la siguiente ecuación:

$$E_{\text{requerida}} = E_{\text{celular}} \times N_{\text{celulares}} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$E_{\text{requerida}} = 11.1 \times N_{\text{celulares}} \text{ [Wh]}$$

Usamos para este prototipo la carga de $N_{\text{celulares}} = 6$

$$E_{\text{requerida}} = 11.1 \times 6 \text{ [Wh]}$$

$$E_{\text{requerida}} = 66.6 \text{ [Wh]}$$

Usamos el panel de 24 W el cual soporta la necesidad de cargar 3 baterías de celulares con carga lenta USB de 12% por hora, mientras que se use el cargador original. Los resultados son similares al conectar un cargador USB de un computador portátil es la misma salida a 5V.

$$E_{\text{total}} = P_{\text{panel}}[\text{w}] \times T_{\text{tiempo}}[\text{h}] \quad \text{Ecuación 3}$$

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

$$E_{total} = 24w \times 5h$$

$$E_{total} = 120 \text{ [Wh]}$$

Con este resultado nos damos cuenta que este panel si soporta para el propósito del proyecto. Y es viable para masificar su uso dentro del Instituto Tecnológico Metropolitano, ITM.

A continuación, se toman algunos datos iniciales necesarios y se ilustran con sus especificaciones:



Figura 19. Toma de datos iniciales con el panel solar.

Fuente: Elaboración propia.

3.1 RENDIMIENTO Y PÉRDIDAS

El estudio del rendimiento de un sistema fotovoltaico es que la diferencia entre el rendimiento de entrada y el de salida sea mínima, lo que supondría disponer de un sistema con pocas pérdidas. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que el rendimiento total del sistema fotovoltaico depende, principalmente varios factores de rendimiento como lo son:

- ◆ Rendimiento de las células solares.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

- ◆ Rendimiento del seguimiento del punto de máxima potencia.

3.2 RENDIMIENTO DEL GENERADOR.

El rendimiento de las células solares oscila entre 14-15.5%, según el tipo de célula empleada, los paneles producen varias pérdidas debido a la variación de temperatura ya que cuando aumenta la temperatura ambiente ocasiona un aumento en la corriente y una disminución en la tensión.

3.3 MATERIALES UTILIZADOS

- ◆ 1 Panel solar fotovoltaico de 24 W
- ◆ 1 Generador portátil solar de 70 W
- ◆ 1 Soporte de acero tipo ángulo de ½ para estructura de panel fotovoltaico.
- ◆ 1 Soporte de acero inoxidable para colocación de estación de carga de celulares
- ◆ 3 Tomas USB para carga de dispositivos portátiles
- ◆ 3 Cables USB macho – macho
- ◆ 1 Extensión para bombillo luz led de 3 W
- ◆ 1 bombillo led de 3 W
- ◆ 1 Cable de conducción de energía del panel a generador
- ◆ 1 Caja metálica en acero inoxidable cal 20 para soporte de generador debajo de mesa
- ◆ 1 Base metálica en acero inoxidable cal 20 redonda para colocación de celulares para recarga

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

Posibles usos:

Comercial: Balnearios, Bares, Clubes, Hoteles, Restaurantes.

Particular: Casas, Quintas etc.

Público: Cargadores solares públicos, Parques, plazas y calles, que los transeúntes pueden utilizar de forma gratuita.

♦ **TIEMPO DE CARGA:**

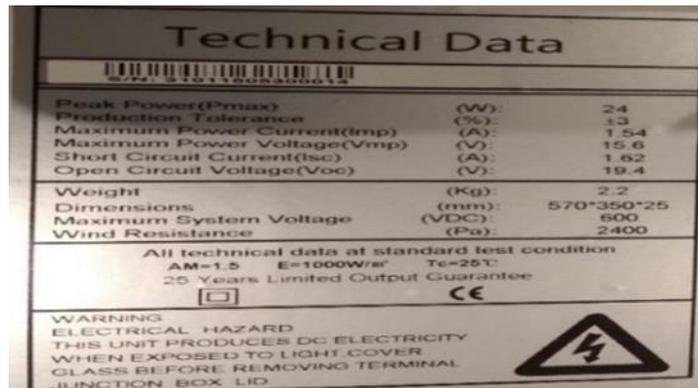
5 horas de sol sirven para 6 cargas de celulares por día como mínimo. Implementando este sistema podremos cargar 3 baterías de celulares, encender 3 bombillas led de bajo consumo y funcionar un ventilador en DC. Si la energía solar no es suficiente, se podrá utilizar la energía eléctrica AC para cargar la batería, en este caso solo se puso a funcionar una sola luz led de 3 W y 3 cargadores USB para baterías de celular en carga lenta.

3.4 PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO

Tabla 3. Especificaciones técnicas del panel solar

| Especificaciones | |
|-----------------------------|---------------|
| Potencia | 24 W |
| Tolerancia | +/- 3 |
| Tensión nominal | 15.6 V |
| Intensidad nominal | 1,54 A |
| Tensión en circuito abierto | 19.4 V |
| Corriente de cortocircuito | 1,62 A |
| Medidas (L x An x Al) | 570x350x25 mm |
| Peso | 2.2 kg |

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |



Fuente: (sib7, 2018)

3.5 BATERÍA GENERADOR SOLAPALM

Tabla 4. Especificaciones Técnicas Generador

| Especificaciones | |
|--|--|
| Capacidad | UPS DC 70W |
| Voltaje de salida | (V): 160-230 VDC 50/60 Hz |
| Potencia de carga | (W): 70w |
| Entrada Solar | 30 Vdc 2ª Max |
| Tomacorrientes | 3 juegos DC para bombillas de bajo consumo |
| Conector de salida de | 1 x 12V DC para ventilador DC |
| Acepta el cargador solar PWM o el cargador de CA | |
| Puertos de cargador | 3 USB de 5V para teléfonos móviles Modo apagado cargando |
| Protección | Contra sobrecargas en modo batería y protección contra cortocircuitos. |
| Diseño | Carga en 3 pasos para prolongar la duración de la batería |
| Portalámparas | Opcional con cable de 2m. |

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |



Fuente: (sib7, 2018)

En la Tabla 4, podemos observar todas las especificaciones técnicas del generador solar y a continuación en la Figura 19, se puede observar las conexiones entre el generador y la batería.



Figura 20. Especificaciones Técnicas Batería Generador

Fuente: (sib7, 2018)

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Tabla 5. Descripción de las etapas del sistema

| |
|--|
| a. Entrada fotovoltaica |
| El voltaje máximo de circuito abierto: 30 VDC |
| Corriente máxima de carga solar: 2 A |
| b. Entrada de CA |
| Voltaje nominal |
| 230VAC: frecuencia nominal |
| 50/60 Hz (detección automática): Salida |
| c. Onda de dos agujeros |
| Tensión de salida (modo de red): 230 VDC |
| Voltaje de salida (modo de batería): 160 - 230 VDC \pm 10% |
| Forma de onda (Modo batería) |
| d. Salida DC |
| Conector DC: 12VDC 2A x 1 pc |
| Cargador USB (opcional): 5VDC 1A x 3 pcs |
| e. Cargador de batería |
| Tipo y cantidad de batería: 12V 7Ah x 1 (batería externa opcional) |
| Voltaje de la batería: 12VDC |
| Voltaje de flotación: 13.7V \pm 1.5% |
| Voltaje de cierre: 11V |
| Tiempo de carga general: 4 horas hasta 90%. |
| Carga total actual *: 1A o 2A (opcional) |
| f. Función protectora |
| Protección completa |
| Protección contra sobrecargas y protección contra cortocircuitos. |
| g. Dimensiones |
| Tamaño, profundidad x ancho x alto (mm): 201 x 131 x 110 |
| Peso (kg): 3.8 |
| h. Ambiente de uso: |
| Humedad: 0 - 90% HR a 0 - 40 ° C (sin condensación) |
| Ruido: menos de 40dB |

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

La corriente de carga total incluye el cargador solar y el cargador de CA.

Fuente: elaboración propia.

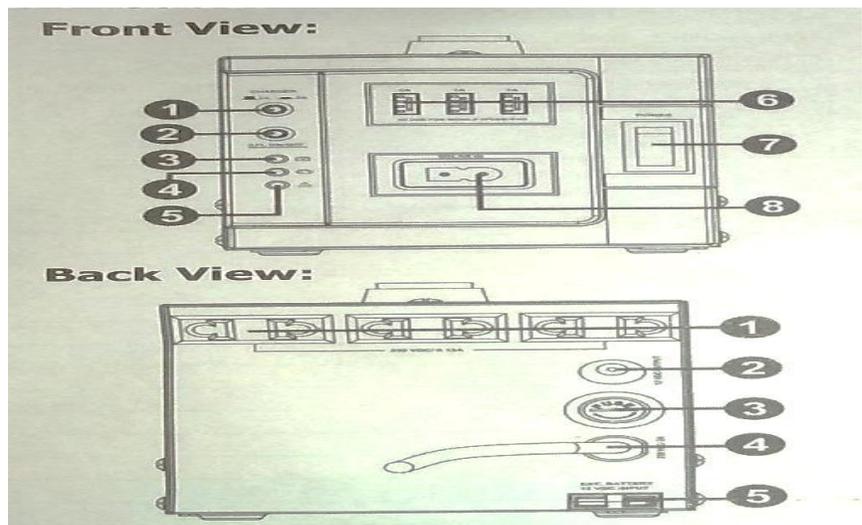


Figura 21. Partes Del Generador Solar

Fuente

(Sib7, 2019).

En la Figura 21., se muestran todas las partes del generador solar las cuales se detallan a continuación:

Tabla 6. Partes del generador Figura 20.

| Parte Frontal Generador | Parte Trasera Generador |
|---|-----------------------------------|
| 1. 1A/2A Seleccionar el cargador | 1. CFL salida para luminarias led |
| 2. CFL On / Off interruptor | 2. 12 VDC conector de salida |
| 3. Indicador de progreso en la carga | 3. 2A fusible para AC |
| 4. Indicador del estado de la batería | 4. Entrada para AC |
| 5. Indicador de falla | 5. Conector para batería externa |
| 6. Puertos de carga de USB para celular | |
| 7. Interruptor principal de energía | |
| 8. PV entrada (YC-13W D+ y O-) | |

Fuente Partes Del Generador Solar (Sib7, 2019).

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Tabla 7. Indicadores de Operación

| INDICADORES PARA OPERACIÓN DE GENERADOR SOLAR | | |
|--|---|--|
| Indicador del estado de carga | Quando la batería está siendo cargada en AC. | Se enciende el LED VERDE., parpadeando cada 3 segundos |
| | Quando la batería está siendo cargada por el panel solar. | Se enciende el LED VERDE parpadeando cada 5 segundos |
| | Quando la carga está completa. | Quando el LED VERDE esta encendido. |
| Indicador del estado de la batería | Quando la batería tiene energía suficiente. | Quando el LED AMARILLO esta encendido. |
| | Quando la batería esta baja de energía. | Quando el LED AMARILLO está parpadeando. |
| Indicador de falla | Quando ocurre una falla. | Se enciende el LED ROJO. |

Fuente:(sib7, 2018)

3.6 CONSUMO ELÉCTRICO DE LA INSTALACIÓN

El consumo eléctrico es la energía eléctrica demandada en un tiempo dado, equivale a la potencia eléctrica durante un tiempo a un equipo eléctrico para que este inicie su funcionamiento. La energía eléctrica que consume un equipo se da en kilovatios hora (kWh), y se obtiene de multiplicar la potencia que demanda para su operación, por el tiempo de funcionamiento.

$$E = P * t$$

Ecuación 4

Donde:

E: Consumo de energía eléctrica del equipo (carga), en kWh

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

P: Potencia requerida por el equipo, en kW

T: Tiempo de funcionamiento del equipo, en horas

La energía consumida por un conjunto de equipos es la suma del consumo de cada uno de ellos durante un tiempo determinado, generalmente, día, mes o año. Se calcula de la siguiente forma:

$$E = \sum E = E + E + E + \dots + E \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

E Consumo de energía eléctrica del equipo (carga), en kWh, día o mes

El consumo total de energía eléctrica del conjunto de equipos, en kWh, día o mes, dependiendo lo que se requiera. Para esta instalación, de acuerdo con la potencia de cada uno de los equipos instalados, el consumo de energía será el siguiente:

Tabla 8. Costo de ahorro de energía AC proyecto mensual solo noche.

| DESCRIPCIÓN EQUIPO | POTENCIA INSTALADA (W) | HORAS USO DIARIO HORAS NOCHE | CONSUMO DE ENERGIA DIARIO (kWh)/día | CONSUMO DE ENERGIA MENSUAL (kWh)/mes | COSTO DE ENERGIA (kWh)/hora Colombia según EPM tarifa 2018 industrial comercial | COSTO DE CONSUMO DE ENERGIA MENSUAL (kWh)/mes |
|--------------------|------------------------|------------------------------------|--|---|---|---|
| Luminaria LED (1) | 3 | 5 | 0.015 | 0.45 | 532.25 | \$ 239.51 |
| Celulares (3) | (3 x 5 W) = 15 | 6 cargas | 0.09 | 2.7 | 532.25 | \$ 1,437.07 |
| TOTALES | | | | | | 1.676,58 |

Fuente: Empresas Publica de Medellín.(EPM, 2018)

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

En la Tabla 8., estamos calculando para 1 luminaria led de 3 W y 3 salidas para carga de baterías de celulares de 3 W cada una.

Primero calculamos 3 W de luminaria por el número de horas de uso 5 horas en este caso, lo dividimos en 1000 para encontrar los kWh, luego multiplicamos por 30 días del mes, el resultado es multiplicado por el costo del kWh para esta caso en uso de universidades industrial o comercial, es un valor un poco más alto que el residencial, el resultado que nos da es costo mensual del consumo de energía proyecto, hacemos lo mismo con el cálculo para celulares y nos da un total de \$ 1.676.58.

Tabla 9. Costo de ahorro de energía AC proyecto jornada completa.

| DESCRIPCIÓN EQUIPO | POTENCIA INSTALADA (W) | HORAS USO DIARIO JORNADA COMPLETA | CONSUMO DE ENERGIA DIARIO (kWh)/día | CONSUMO DE ENERGIA MENSUAL (kWh)/mes | COSTO DE ENERGIA (kWh)/hora | COSTO DE CONSUMO DE ENERGIA MENSUAL (kWh)/mes |
|--------------------|---------------------------|--|--|---|--|---|
| | | | | | Colombia según EPM tarifa 2018 precio Universidades | |
| Luminaria LED (1) | 3 | 5 | 0.015 | 0.45 | 532.25 | \$ 239.51 |
| Celulares (3) | (3 x 5 W) = 15 | 12 cargas | 0.18 | 5.4 | 532.25 | \$ 2,874.15 |
| TOTALES | | | | | | \$ 3.113.66 |

Fuente: (EPM, 2018)

En la Tabla 9., estamos calculando para 1 luminaria led de 3 W y 3 salidas para carga de baterías de celulares de 3 W cada una, como se va usar para la jornada completa se podrán realizar 24 cargas de baterías de celular diarias.

Calculamos 3 W de luminaria por el número de horas de uso 5 horas en este caso, lo dividimos en 1000 para encontrar los kWh, luego multiplicamos por 30 días del mes, el resultado es multiplicado por el costo del kWh para este caso en uso de universidades es un valor un poco más alto que el residencial, el resultado que nos da es costo mensual del

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

consumo de energía proyecto, hacemos lo mismo con el cálculo para celulares y nos da un total de \$ 5748.30

3.6.1 Ubicación del prototipo

El módulo de carga a diseñar tiene como objetivo ser instalado en el Instituto Tecnológico Metropolitano sede robledo, deseando ser replicado este proyecto en 30 mesas dentro de la institución en varias zonas de comidas y trabajo en grupo, Se encuentra ubicado en el barrio Robledo de la comuna 7, cuya dirección es calle 73 No. 76A -354 Vía al Volador.



Figura 22. Mapa Ubicación Geográfica ITM

Fuente:(Google maps, 2019)

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

3.7 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO

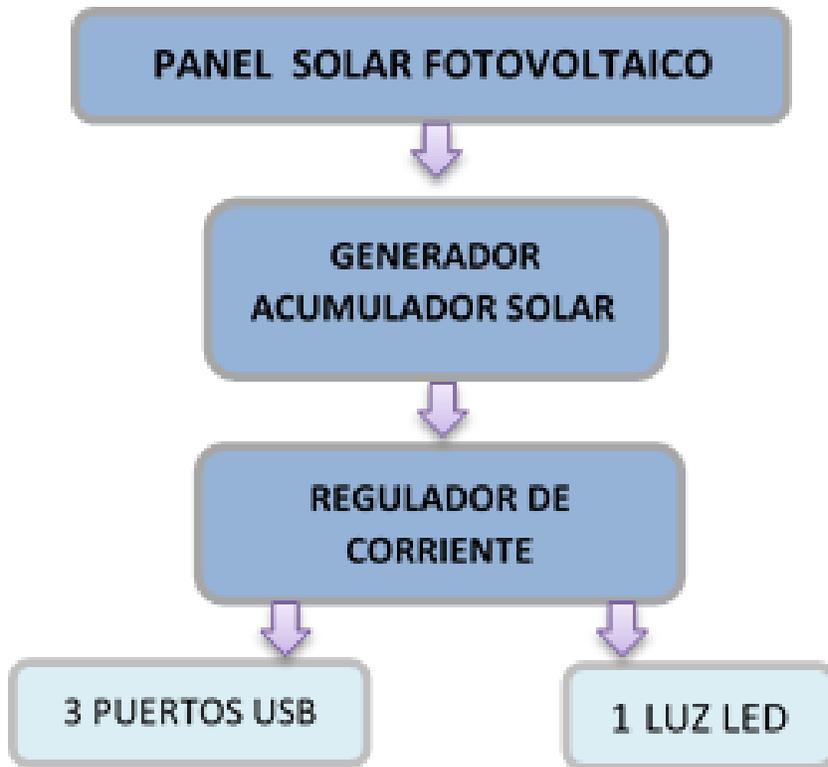


Figura 23. Diagrama De Funcionamiento del Módulo.

Fuente: Elaboración Propia

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS DE PRUEBAS REALIZADAS

Se realizó el seguimiento de las pruebas por días como se muestra a continuación según la fecha.

4.1.1 Día 1

10/05/2019: Se instaló el panel solar fotovoltaico en horas de la mañana, con el objetivo de validar el funcionamiento de dicho panel y comprobar la cantidad de energía que está recibiendo de la radiación solar con unos intervalos de cada 30 segundos.

Tabla 10. Datos obtenidos de las mediciones iniciales con panel solar en la mañana

| Fecha y hora de la actividad | Temperatura ambiente | Ubicación del panel solar |
|---|----------------------------|---------------------------|
| Fecha y Hora 10/05/2019 siendo las 11:40 am Inicio de la exposición del panel a la radiación del sol en ITM sede Robledo. | 15 °C | 15° respecto al sur |
| HORAS DE LA MAÑANA | | |
| Tiempo de la medición | Medición de voltaje (V) DC | |
| Pasado 1 min | 18,42 | |
| Pasados 1 min, 30 segundos | 18,39 | |
| Pasados 2 min | 18,39 | |
| Pasados 2 min 30 segundos | 18,33 | |
| Pasados 3 min | 18,13 | |
| Pasados 3 min, 30 segundos | 18,01 | |
| Pasados 4 min | 17,95 | |
| Pasados 4 min 30 segundos | 17,81 | |
| Pasados 5 min | 17,72 | |
| Pasado 5 min 30 segundos | 17,75 | |
| Pasado 6 min | 17,79 | |

Fuente: Elaboración propia.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

4.1.2 Día 2

11/05/2019: Se instaló el panel solar fotovoltaico en horas de la tarde, con el objetivo de validar el funcionamiento de dicho panel y comprobar la cantidad de energía que está recibiendo de la radiación solar con unos intervalos de cada 30 segundos.

Tabla 11. Datos obtenidos de las mediciones iniciales con panel solar en la tarde

| Fecha y hora de la actividad | Temperatura ambiente | Ubicación del panel solar |
|--|----------------------------|----------------------------|
| Fecha y Hora 11/05/2019 siendo las 03:00 pm Inicio de la exposición del panel a la radiación del sol en ITM sede Robledo. | 28 °C | 15° respecto al sur |
| HORAS DE LA MAÑANA | | |
| Tiempo de la medición | Medición de voltaje (V) DC | |
| Pasado 1 min | 18,48 | |
| Pasados 1 min, 30 segundos | 18,42 | |
| Pasados 2 min | 18,45 | |
| Pasados 2 min 30 segundos | 18,34 | |
| Pasados 3 min | 18,30 | |
| Pasados 3 min, 30 segundos | 18,17 | |
| Pasados 4 min | 18,20 | |
| Pasados 4 min 30 segundos | 18,13 | |
| Pasados 5 min | 18,07 | |
| Pasado 5 min 30 segundos | 18,05 | |
| Pasado 6 min | 18,03 | |

Fuente: Elaboración propia

Cuando el panel no recibe la radiación solar el voltaje que muestra es 0, la actividad es sencilla para verificar el correcto funcionamiento, sin embargo, se colocó el panel en varios ángulos con respecto a la posición del sol y los resultados de diferencia de voltaje son mínimos.

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

En los momentos de toma de datos, se evidencio que cuando pasaba alguna nube y esta impedía la radiación del sol bajaba el voltaje, podemos determinar que con los valores tomados no influye mucho la temperatura sino la radiación del sol sobre el panel.

Se tomaron datos en varias fechas y con diferentes temperaturas con valores que varían entre 17,74 y 18,48 voltios en DC, lo que nos indica que los datos son muy normales.

Estos valores están representados en voltios en DC.

Tabla 12. Datos obtenidos a varias horas y temperaturas variables.

| Fecha y hora de la actividad | Temperatura | | | | | Ubicación del panel solar | | |
|--|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|
| Fecha y Hora 10/05/2019 siendo las 11:40 am Inicio de la exposición del panel a la radiación del sol en ITM sede Robledo | TEMPERATURA VARIABLE SEGÚN LA HORA | | | | | 15° respecto al sur | | |
| HORAS DE LA TARDE | | | | | | | | |
| TEMPERATURA | 26°C | 25°C | 26°C | 21°C | 27°C | 26°C | 28°C | 28°C |
| Tiempo de la medición | 12 m | 12:30 p. m. | 01:00 p. m. | 01:30 p. m. | 02:00 p. m. | 02:30 p. m. | 03:00 p. m. | 03:30 p. m. |
| Pasado 1 min | 17,90 | 17,87 | 17,89 | 17,70 | 17,74 | 17,60 | 18,48 | 17,89 |
| Pasados 1 min, 30 seg | 17,99 | 17,93 | 17,85 | 17,64 | 17,73 | 17,65 | 18,42 | 17,87 |
| Pasados 2 min | 18,05 | 17,91 | 17,82 | 17,50 | 17,74 | 17,70 | 18,45 | 17,83 |
| Pasados 2 min 30 seg | 18,09 | 17,92 | 17,85 | 17,22 | 17,75 | 17,76 | 18,34 | 17,81 |
| Pasados 3 min | 18,20 | 17,94 | 17,96 | 17,29 | 17,78 | 17,65 | 18,30 | 17,80 |
| Pasados 3 min, 30 seg | 18,49 | 17,94 | 17,95 | 17,40 | 17,87 | 17,54 | 18,17 | 17,70 |
| Pasados 4 min | 18,47 | 17,92 | 17,92 | 17,61 | 18,11 | 17,60 | 18,20 | 17,73 |
| Pasados 4 min 30 seg | 18,05 | 17,91 | 17,83 | 17,66 | 18,08 | 17,76 | 18,13 | 17,76 |
| Pasados 5 min | 18,16 | 17,89 | 17,88 | 17,72 | 17,90 | 17,54 | 18,07 | 17,82 |
| Pasado 5 min 30 seg | 18,24 | 18,06 | 17,90 | 17,85 | 17,56 | 17,40 | 18,05 | 17,89 |
| Pasado 6 min | 18,28 | 18,11 | 17,91 | 17,88 | 17,52 | 17,33 | 18,03 | 17,90 |

Fuente: Elaboración propia

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

4.1.3 Recomendación:

El funcionamiento de los paneles solares fotovoltaicos no produce contaminación ni efecto nocivo, el uso de este tipo de energías tiene futuro como energía alternativa la cual fomenta desarrollo limpio y muy sostenible.

Tabla 13. Datos obtenidos a varias horas y temperaturas variables

| Fecha y hora de la actividad | Temperatura | | | | | Ubicación del panel solar | | |
|---|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|
| Fecha y Hora 15/05/2019 siendo las 1:30 pm Inicio de la exposición del panel a la radiación del sol en ITM sede Robledo | VARIABLE SEGÚN LA HORA | | | | | 15° respecto al sur | | |
| HORAS DE LA TARDE | | | | | | | | |
| TEMPERATURA | 29°C | 30°C | 30°C | 27°C | 27°C | 28°C | 28°C | 26°C |
| Tiempo de la medición | 01:30 p. m. | 02:00 p. m. | 02:30 p. m. | 03:00 p. m. | 03:30 p. m. | 04:00 p. m. | 04:30 p. m. | 05:00 p. m. |
| Pasado 1 min | 18,09 | 18,08 | 18,11 | 17,84 | 18,00 | 17,96 | 17,77 | 17,71 |
| Pasados 1 min, 30 seg | 18,07 | 18,07 | 18,09 | 17,80 | 18,05 | 17,99 | 17,81 | 17,64 |
| Pasados 2 min | 18,07 | 18,02 | 18,11 | 17,70 | 18,09 | 18,09 | 17,82 | 17,62 |
| Pasados 2 min 30 seg | 18,03 | 18,00 | 18,10 | 17,73 | 18,06 | 18,07 | 17,85 | 17,61 |
| Pasados 3 min | 18,01 | 18,04 | 18,11 | 17,76 | 18,07 | 18,03 | 17,77 | 17,60 |
| Pasados 3 min, 30 seg | 18,03 | 18,02 | 18,23 | 17,80 | 18,09 | 17,94 | 17,74 | 17,66 |
| Pasados 4 min | 17,97 | 17,87 | 18,26 | 17,85 | 18,12 | 17,90 | 17,86 | 17,62 |
| Pasados 4 min 30 seg | 17,94 | 17,93 | 18,21 | 17,88 | 18,12 | 17,88 | 17,82 | 17,57 |
| Pasados 5 min | 17,95 | 17,91 | 17,99 | 18,00 | 18,11 | 17,74 | 17,89 | 17,55 |
| Pasado 5 min 30 seg | 17,90 | 17,88 | 17,95 | 18,01 | 18,08 | 17,66 | 17,92 | 17,54 |
| Pasado 6 min | 17,89 | 17,82 | 17,90 | 18,01 | 18,09 | 17,72 | 17,95 | 17,53 |

Fuente: Elaboración propia.

Cuando usamos la estación de carga para baterías de celular mediante USB, la carga es mucho más lenta, puesto que solo nos brinda 5V y 2 A para dicha carga es decir toma mucho más tiempo en cargar un dispositivo, pero hará que nuestra batería se mantenga mejor en el tiempo.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Cuando conectamos nuestro cargador como carga rápida con el paso del tiempo veremos que disminuye la efectividad de la batería para mantener a nuestro teléfono despierto, es decir la batería ya cargara al 100% o se descargara mucho más rápido.



Figura 24. Elementos usados para la medición

Fuente: Elaboración propia.

Para la instalación de elementos en el proyecto fueron necesarios los siguientes materiales y su respectivo valor comercial:

Tabla 14: Costo de Equipos y Materiales

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO PARCIAL |
|----------------|---|--------|----------|-----------------|------------------------|
| 1 | PANEL FOTOVOLTAICO DE 24 W | UND | 1 | \$ 220,000.00 | \$ 220,000.00 |
| 2 | GENERADOR SOLAR MARCA SOLAPALM | UND | 1 | \$ 180,000.00 | \$ 180,000.00 |
| 3 | CABLE PARA CONEXIÓN LUZ LED | UND | 1 | \$ 12,000.00 | \$ 12,000.00 |
| 4 | TOMAS USB CON TAPA | UND | 3 | \$ 22,000.00 | \$ 66,000.00 |
| 5 | CABLES USB MACHO - MACHO | UND | 3 | \$ 10,000.00 | \$ 30,000.00 |
| 6 | CAJA METALICA PARA GENERADOR | UND | 1 | \$ 200,000.00 | \$ 200,000.00 |
| 7 | BASE METALICA PARA PANEL SOLAR | UND | 1 | \$ 170,000.00 | \$ 170,000.00 |
| 8 | BASE EN ACERO INOXIDABLE PARA CELULARES | UND | 1 | \$ 200,000.00 | \$ 200,000.00 |
| 9 | BOMBILLO LED DE 3 W | UND | 1 | \$ 7,000.00 | \$ 7,000.00 |
| 10 | FOTOCELDA Y SOPORTE | UND | 1 | \$ 18,000.00 | \$ 18,000.00 |
| TOTALES | | | | | \$ 1,103,000.00 |

Fuente: Elaboración propia.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

4.2 PROCESO DE INSTALACIÓN



Figura 25. Instalación panel sobre la base

Fuente: Elaboración propia.

Se procede a la instalación del panel en la base metálica en acero asegurado con tornillos y tuercas para evitar que se caiga y luego procedemos asegurarlo en la sombrilla de la mesa (Ver Figuras 25 a 28).



Figura 26. Instalación caja inferior.

Fuente: Elaboración propia.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | <p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p> | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Continuamos con la instalación de la caja de acero inoxidable del generador debajo de la mesa sujeto con tornillos, en donde se ubica el generador solar con sus respectivos cables.



Figura 27. Instalación de base y caja para tomas USB.

Fuente: Elaboración propia.

Instalamos la base acero inoxidable de los 3 tomas USB, uno en cada lado en la base redonda que va encima de la mesa donde se coloca el celular para ser cargado.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

4.3 PROTOTIPO

El prototipo de estación de carga de baterías de celular fue realizado en el Laboratorio de circuitos eléctricos y electrónica bloque G202 sede Robledo ITM Medellín Colombia.



Figura 28. Instalación Prototipo Terminado.

Fuente: Elaboración propia.

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

4.4 RESULTADOS CON PROTOTIPO EN FUNCIONAMIENTO

4.4.1 Día 3

30/05/2019: Se instaló el prototipo y se procede a toma de tiempos para determinar los porcentajes de carga en un día soleado a 28 ° C, registrando su determinado tiempo y porcentaje de carga de la batería de un celular.

Se usó un toma USB del prototipo con salida a 5 V y con 2 A para las siguientes mediciones, cabe resaltar que se debe usar un cable original para que el desempeño de carga del dispositivo actué mejor sin tener pérdidas en el sistema.

Tabla 15. Validación de toma de tiempos

| | TEMPERATURA | HORA DE INICIO | HORA DE FIN | TIEMPO DE CARGA EN MINUTOS | PORCENTAJE DE CARGA % |
|----|-------------|----------------|-------------|----------------------------|-----------------------|
| 1 | 28° C | 2:14 p.m. | 2:18 p.m. | 4 | 0% |
| 2 | 28° C | 2:18 p.m. | 2:21 p.m. | 7 | 0% |
| 3 | 28° C | 2:21 p.m. | 2:26 p.m. | 12 | 1% |
| 4 | 28° C | 2:26 p.m. | 2:34 p.m. | 20 | 2% |
| 5 | 28° C | 2:34 p.m. | 2:47 p.m. | 33 | 4% |
| 6 | 28° C | 2:47 p.m. | 2:54 p.m. | 40 | 5% |
| 7 | 28° C | 2:54 p.m. | 2:57 p.m. | 43 | 6% |
| 8 | 28° C | 2:57 p.m. | 3:14 p.m. | 60 | 10% |
| 9 | 28° C | 3:14 p.m. | 3:25 p.m. | 71 | 10% |
| 10 | 28° C | 3:25 p.m. | 3:33 p.m. | 79 | 12% |
| 11 | 28° C | 3:33 p.m. | 3:37 p.m. | 83 | 13% |
| 12 | 28° C | 3:37 p.m. | 4:03 p.m. | 109 | 18% |
| 13 | 28° C | 4:03 p.m. | 4:14 p.m. | 120 | 19% |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 10 nos da por resultado que nos puede cargar hasta 19% en dos horas de carga por medio de USB

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

4.4.2 Día 4

10/06/2019 Se instaló el prototipo y se procede a toma de tiempos para determinar los porcentajes de carga en un día soleado a 29 ° C, registrando su determinado tiempo y porcentaje de carga de la batería de un celular.

Se usó un toma USB del prototipo con salida a 5 V y con 2 A para las siguientes mediciones, cabe resaltar que se debe usar un cable original para que el desempeño de carga del dispositivo actué mejor sin tener pérdidas en el sistema.

Se conectaron 3 celulares con sus respectivos cargadores originales, para que pueda transferir el mayor rendimiento para la carga de los dispositivos, en algunos casos se usan cargadores homologados los cuales no brindan la suficiente capacidad de carga.

Tabla 16. Validación de toma de tiempos.

| | TEMPERATURA | HORA DE INICIO | HORA DE FIN | TIEMPO DE CARGA EN MINUTOS | PORCENTAJE DE CARGA % |
|----|-------------|----------------|-------------|----------------------------|-----------------------|
| 1 | 29° C | 1:55 p.m. | 2:00 p.m. | 5 | 1% |
| 2 | 29° C | 2:00 p.m. | 2:05 p.m. | 10 | 2% |
| 3 | 29° C | 2:05 p.m. | 2:10 p.m. | 15 | 3% |
| 4 | 29° C | 2:10 p.m. | 2:15 p.m. | 20 | 4% |
| 5 | 29° C | 2:15 p.m. | 2:20 p.m. | 25 | 5% |
| 6 | 29° C | 2:20 p.m. | 2:25 p.m. | 30 | 6% |
| 7 | 29° C | 2:25 p.m. | 2:30 p.m. | 35 | 7% |
| 8 | 29° C | 2:30 p.m. | 2:35 p.m. | 40 | 8% |
| 9 | 29° C | 2:35 p.m. | 2:40 p.m. | 45 | 8% |
| 10 | 29° C | 2:40 p.m. | 2:45 p.m. | 50 | 9% |
| 11 | 29° C | 2:45 p.m. | 2:50 p.m. | 55 | 10% |
| 12 | 29° C | 2:50 p.m. | 2:55 p.m. | 60 | 11% |
| 13 | 29° C | 2:55 p.m. | 3:00 p.m. | 65 | 12% |

Fuente: Elaboración propia

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Con esta Tabla 16., se comprueba que el sistema podrá cargar tres dispositivos móviles con cargadores originales cada hora podrán ser cargados hasta en un 12%, pero con la ventaja que la batería le podrá durar más su vida útil y la ventaja más grande que es gratis la carga puedes interactuar con tus compañeros sentados en la mesa mientras cargas tu celular

4.4.3 Recomendación

Recordar que los sistemas solares fotovoltaicos tal como la energía es limitada, es necesario el ahorro de energía por lo tanto no mantenga los equipos móviles conectados innecesariamente.

Usar cargadores originales para cargar la batería del celular.

Tabla 17. Ahorro de energía AC para 29 mesas uso en la noche.

| DESCRIPCIÓN EQUIPO | LOCALIZACION MESAS | CANTIDAD | VALOR CONSUMO DE ENERGIA (kWh)/MES | TOTAL VALOR CONSUMO POR MESAS |
|--------------------|--------------------------|-----------|------------------------------------|-------------------------------|
| MESA CON SOMBRILLA | BLOQUE H | 9 | \$ 1,676.58 | \$ 15,089.22 |
| MESA CON SOMBRILLA | RESTAURANTE PARTE BAJA | 8 | \$ 1,676.58 | \$ 13,412.64 |
| MESA CON SOMBRILLA | SECTOR CAFETERIAS | 4 | \$ 1,676.58 | \$ 6,706.32 |
| MESA CON SOMBRILLA | PLAZOLETA PISO 1 | 2 | \$ 1,676.58 | \$ 3,353.16 |
| MESA CON SOMBRILLA | PARTE BAJA DEL AUDITORIO | 6 | \$ 1,676.58 | \$ 10,059.48 |
| TOTALES | | 29 | | \$ 48,620.82 |

Fuente: Elaboración propia.

Con el sistema eléctrico para carga de baterías de celulares usando un panel fotovoltaico mediante tomas USB, es viable para ser implementado en toda la universidad puesto que aunque el ahorro de dinero es poco el beneficio que prestara el sistema es demasiado para estudiantes y docentes.

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

4.5 HUELLA DE CARBONO

En la siguiente tabla nos muestra el consumo eléctrico de CO₂ de este sistema si estuviese conectado a la energía AC, comparado con el sistema fotovoltaico donde muestra que nuestra huella de carbono es cero si se usa este sistema.

Tabla 18. Tabla de consumo de huella de carbono por consumo eléctrico.

| DESCRIPCIÓN EQUIPO | POTENCIA INSTALADA (W) | HORAS USO DIARIO HORAS NOCHE | CONSUMO DE | CONSUMO DE | AÑO (12 meses) | CONSUMO DE | CONSUMO | CON ESTA |
|--------------------|------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------|
| | | | ENERGIA DIARIO (kWh)/día | ENERGIA MENSUAL (kWh)/mes | | ENERGIA ANUAL (kWh) | ELECTRICO DE CO ₂ / AÑO | ENERGIA VERDE |
| Luminaria LED (1) | 15 | 5 | 0.015 | 0.45 | 12 | 5,4 | 19.9 KG | 0 KG |
| Celulares (3) | 15 | 8 | 0.12 | 3.6 | 12 | 43.2 | 159.84 KG | 0 KG |
| TOTALES | | | | | | 702 | 179.74 Kg | 0 KG |

Fuente: www.ceroco2.org/calculadoras/electrico (ceroco2, 2019)

La huella de carbono es muy importante para el planeta el cual está siendo golpeado por las acciones malas de todos los habitantes, donde los recursos naturales se van agotando cada día, y van provocando un calentamiento global.

Es por esta razón que debemos concientizar a las personas sobre el impacto y deterioro del medio ambiente donde la más popular es la huella de carbono.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- ◆ Se diseñó una estación de carga para baterías de celular el cual es para beneficio de estudiantes, empleados y docentes del ITM.
- ◆ Aplicamos el beneficio del uso de los paneles fotovoltaicos para fomentar el desarrollo limpio y sostenible.
- ◆ Diseñamos un prototipo de estación de carga solar lenta a muy bajo precio.
- ◆ Se realizaron varias pruebas de funcionamiento del sistema y toma de valores para hacer seguimiento y se analizaron los resultados.
- ◆ Con este proyecto se ofrece conectividad y aumentar la operatividad de los espacios al aire libre, se evidencio que es una opción amigable con el medio ambiente para cargar sus dispositivos por medio de toma USB de carga lenta.
- ◆ Se aprovechó la radiación solar como fuente de alimentación del sistema.
- ◆ Nos beneficiamos al no contaminar el medio ambiente, se valoró un ahorro de 259kg de CO₂ al año.
- ◆ Brindamos una solución de conectividad en espacios al aire libre y desarrollar los beneficios de usar energías renovables o energías alternativas que promuevan el cuidado del medio ambiente.
- ◆ Se determinó que la carga del panel aumenta con respecto a la intensidad de la radiación solar generando así un mayor amperaje para la carga de celulares.
- ◆ La implementación del prototipo genero bastante interés por parte de alumnos y docentes en aprovechar las energías renovables y poder aplicarlas en varios proyectos futuros.
- ◆ Se recomienda a futuro que la universidad pueda invertir en este sistema, pero con paneles fotovoltaicos de mayor capacidad para poder ser usados para una mayor efectividad.

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

REFERENCIAS

ambientesoluciones. (2016). CARGADORES PÚBLICOS PARA CELULARES CON

ENERGÍA SOLAR. Retrieved July 17, 2019, from

https://www.ambientesoluciones.com/sitio/contenidos_mo.php?it=5241

avatar energia. (2019). Energía del Sol archivos - Avatar Energía, blog de energías

renovables. Retrieved July 18, 2019, from <https://avatarenergia.com/category/energia-del-sol/>

Bun-CA. (2002). *Manuales sobre energía renovable: Biomasa/Biomass. Fortalecimiento*

de la capacidad en energía Renovable para América Central. Retrieved from

<http://bun-ca.org/publicaciones/FOTOVOLT.pdf>

ceroco2. (2019). Calculo electrico - Calculo GEI CeroCO2. Retrieved July 18, 2019, from

<https://www.ceroco2.org/calculadoras/>

Climatoscopio. (2012). Colombia, séptima en energía verde entre países de la región.

Mundo Eléctrico n 88, 34–35. Retrieved from

<http://mundoelectrico.com/index.php/editorial/item/142-edicion-88-energias-limpias-y-construcciones-sostenibles>

Cortés, S., & Londoño, A. A. (2017). Energías renovables en Colombia: una aproximación

desde la economía. *Revista Ciencias Estratégicas*, 25(38), 375–390.

<https://doi.org/10.18566/v25n38.a7>

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Definición. (2014). Definición de Celular - Qué es y Concepto. Retrieved July 17, 2019, from <https://definicion.mx/celular/>

Dinero. (2018). Colombia avanza en generación de energías renovables. Retrieved July 17, 2019, from <https://www.dinero.com/pais/articulo/colombia-avanza-en-generacion-de-energias-renovables/257078>

ecoindus. (2011). Ya es posible cargar nuestros dispositivos móviles al aire libre, con energía renovable - Ecoindus, mercado digital de la Ecoindustria. Residuos y Reciclaje, Medio Ambiente, Energías Renovables, Servicios Ecoindustria. Panamá. Retrieved July 17, 2019, from <http://www.ecoindus.com/pa/noticias/ya-es-posible-cargar-nuestros-dispositivos-moviles-al-aire-libre-con-energia-renovable/277>

endesacientes. (2017). Cómo calcular y reducir tu huella de carbono | Endesa Clientes. Retrieved July 18, 2019, from <https://www.endesacientes.com/blog/calcular-huella-carbono>

EPM. (2018). Tarifas energia. Retrieved July 18, 2019, from https://www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/clientes-y-usuarios/hogares-y-personas/energía/tarifas-de-energia-2018

EXELSOLAR. (2019). *Catalogo 2019 EXELSOLAR*. Retrieved from www.exelsolar.com/altacliente

Fveu.eu. (2019). MANTENIMIENTO DE BATERÍAS. Retrieved from <http://www.fveu.eu/mantenimiento-de-baterías/>

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Google maps. (2019). itm - Buscar con Google. Retrieved July 18, 2019, from

https://www.google.com/search?q=itm&npsic=0&rflfq=1&rlha=0&rllag=6275105,-75588656,128&tbm=lcl&ved=2ahUKEwi_vbOx377jAhVM1VkKHbA0CoUQtgN6BAgGEAQ&tbs=lr:!2m1!1e3!3sIAE,lf:1,lf_ui:4&rldoc=1#rifi=hd:;si:;mv:!1m2!1d6.277274428364408!2d-75.58379446502533!2m2!1

Guerrero P., R. (2017). *Replanteo y funcionamiento de instalaciones solares fotovoltaicas.*

ENAE0108 (2nd ed.; I. Editorial., Ed.). Retrieved from

https://books.google.com.co/books?id=-wpADwAAQBAJ&printsec=copyright&hl=es&source=gbs_pub_info_r#v=onepage&q&f=false

IDEAM. (2014). Atlas Interactivo - Radiación. Retrieved July 20, 2019, from 2019

website: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

IICA. (2014). Uso y acceso a las energías renovables en territorios rurales. *Ministerio de*

Electricidad y Energía Renovable, 50. Retrieved from

<https://www.iica.int/es/publications/uso-y-acceso-las-energias-renovables-en-territorios-rurales-guia-metodologica>

Parque Arvi. (2019). Calcula Aquí Tu Huella de Carbono | Parque Arví. Retrieved July 18,

2019, from <https://parquearvi.org/huella-de-carbono/>

Proviento Ecuador. (2017). PROVIENTO - Paneles Solares.

Raffino María Estela, “Concepto”. (2019). Energía Solar. Retrieved July 20, 2019, from

<https://concepto.de/energia-solar/>

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

renovablesverdes. (2019). Efecto fotovoltaico. Qué es y cómo se produce. Retrieved July

17, 2019, from <https://www.renovablesverdes.com/efecto-fotovoltaico/>

revistavivienda & Esco-tel. (2013). Paneles solares monocristalinos y policristalinos.

Retrieved July 20, 2019, from

[http://www.revistavivienda.com.ar/actualidad/gacetillas/paneles-solares-](http://www.revistavivienda.com.ar/actualidad/gacetillas/paneles-solares-monocristalinos-y-policristalinos)

[monocristalinos-y-policristalinos](http://www.revistavivienda.com.ar/actualidad/gacetillas/paneles-solares-monocristalinos-y-policristalinos)

sib7. (2018). Solapalm Lighting Solution 70W DC solar power Inverter with 3 X USB Port

and 3 X Electric Plug. Retrieved July 17, 2019, from [https://sib7.com/electricity-and-](https://sib7.com/electricity-and-industrial/lighting-equipment-and-accessories/solapalm-lighting-solution-70w-dc-solar-power-inverter-with-3-x-usb-port-and-3-x-electric-plug.html)

[industrial/lighting-equipment-and-accessories/solapalm-lighting-solution-70w-dc-](https://sib7.com/electricity-and-industrial/lighting-equipment-and-accessories/solapalm-lighting-solution-70w-dc-solar-power-inverter-with-3-x-usb-port-and-3-x-electric-plug.html)

[solar-power-inverter-with-3-x-usb-port-and-3-x-electric-plug.html](https://sib7.com/electricity-and-industrial/lighting-equipment-and-accessories/solapalm-lighting-solution-70w-dc-solar-power-inverter-with-3-x-usb-port-and-3-x-electric-plug.html)

solar-energia. (2019). Energía solar fotovoltaica. Retrieved July 17, 2019, from

<https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica>

Universidad de Costa Rica. (2016). UCR estrena estaciones de recarga con energía solar.

Retrieved July 18, 2019, from [https://www.ucr.ac.cr/noticias/2016/12/16/ucr-estrena-](https://www.ucr.ac.cr/noticias/2016/12/16/ucr-estrena-estaciones-de-recarga-con-energia-solar.html)

[estaciones-de-recarga-con-energia-solar.html](https://www.ucr.ac.cr/noticias/2016/12/16/ucr-estrena-estaciones-de-recarga-con-energia-solar.html)

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

APÉNDICE

APENDICE A

Con los cálculos se utiliza una batería de celular de Li-ion la cual tiene un voltaje entre 3,7 V y 3,85 V y la energía acumulada se mide en Vatios hora (Wh), y algunas baterías de 3.000 mAh = 3.0 Ah, usadas en la mayoría Smartphone.

Como ejemplo:

$$E_{\text{celular}} = 3.7 \text{ V} \times 3,0 \text{ Ah} = 11.1 \text{ [Wh]}$$

Ecuación 6

V: Voltios

Ah: Amperios hora

Wh: Vatios hora

Si un móvil precisa de una potencia de 5W para hacer funcionar sus sistemas, una batería de 11,1 Wh podrá alimentarlo durante dos horas y un poco más.

Este prototipo se realizó con base una carga de 5V, la cual es igual a la utilizada por las USB de los computadores portátiles, que es una carga lenta de aproximadamente por cada 5 minutos que está conectado el dispositivo te va a cargar 1 %, es decir que en una hora este sistema te puede cargar 12 % de la batería de su celular

FIRMA ESTUDIANTES _____



FIRMA ASESOR

FECHA ENTREGA: Julio 22 de 2019. Se entrega informe final de práctica
para evaluación por jurado

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO__ ACEPTADO____ ACEPTADO CON
MODIFICACIONES_____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____