

**MALETA MÉDICA PORTÁTIL AUTOSUSTENTABLE CON ENERGÍA
FOTOVOLTAICA PARA ATENCIÓN PRIMARIA DE SALUD EN ZONAS DE
DIFÍCIL ACCESO DEL DEPARTAMENTO DE SUCRE**

CORPOSUCRE
Corporación Universitaria
Antonio José de Sucre
¡Creciendo con Calidad!

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ DE SUCRE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SINCELEJO – COLOMBIA**

2019

**MALETA MÉDICA PORTÁTIL AUTOSUSTENTABLE CON ENERGÍA
FOTOVOLTAICA PARA ATENCIÓN PRIMARIA DE SALUD EN ZONAS DE DIFÍCIL
ACCESO EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE**

TRABAJO DE GRADO

Para optar el título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO

Autor:

JEYSON DE JESÚS JULIO SERMEÑO

Asesores:

**ALEX DAVID MORALES ACOSTA, MSc
SERGIO ANTONIO SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, MSc
HENRIQUE JAVIER ROMERO CÁRDENAS, MSc**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ DE SUCRE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SINCELEJO - COLOMBIA**

2019

Dedicatoria

*A mi madre, Ana Josefa Sermeño de la Rosa,
por su incansable don de madre y padre.*

A los que luchan por seguir y alcanzar sus sueños.

Agradecimientos

*Al Señor Jesucristo, el dador de la sabiduría,
gracias a quien logré realizar todos estos años de trabajo y estudio.*

*A mi familia y a cada uno de mis hermanos:
Orleidis, Orlando, Julio, Jair, Domar y Geormy.*

A mis hermanos de la fe, gracias por impartirme confianza.

*A los compañeros, profesores e ingenieros de la
Facultad de Ciencias de la Ingeniería de CORPOSUCRE,
que hicieron parte de mi desarrollo y formación profesional.*

*A la Cruz Roja Colombiana, seccional Sucre,
por su colaboración*

¡Muchas Gracias!

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	vi
Lista de Tablas	xi
Lista de Figuras	xii
Resumen	xiv
Abstract	xvi
1. Introducción	1
2. Planteamiento del Problema	3
2.1. Delimitación del problema	3
2.2. Descripción del problema	4
2.3. Formulación y pregunta problema	8
3. Justificación	9
4. Objetivos	11
4.1. Objetivo General	11
4.2. Objetivos Específicos	11
5. Marco Referencial	12
5.1. Antecedentes y Estado del Arte	12
5.1.1. Proyecto Internacional N° 1	12

5.1.2. Proyecto Internacional N° 2.....	13
5.1.3. Proyecto Internacional N° 3.....	15
5.1.4. Proyecto Internacional N° 4.....	16
5.1.5. Proyecto Internacional N° 5.....	17
5.1.6. Proyecto Nacional N° 1.....	18
5.1.7. Proyecto Nacional N° 2.....	19
5.2. Marco Conceptual.....	21
5.2.1. Energía solar.....	21
5.2.2. Radiación solar.....	21
5.2.3. Radiación solar en Colombia.....	22
5.2.4. Conceptos tecnológicos.....	24
5.2.4.1. Panel solar.....	24
5.2.4.2. Regulador de carga.....	25
5.2.4.3. Inversor de tensión.....	26
5.2.5. Conceptos médicos.....	27
5.2.5.1. Atención Primaria en Salud.....	27
5.2.5.2. Tensiómetro.....	28
5.2.5.3. Glucómetro.....	29
5.2.5.4. Otoscopio.....	29
5.3. Marco Legal.....	29
5.3.1. Ley 1715 de 2014.....	29
6. Marco Metodológico.....	31

6.1. Tipo de investigación	31
6.1.1. Estudio descriptivo	31
6.1.2. Desarrollo tecnológico	31
6.2. Diseño de investigación	32
6.3. Enfoque de la investigación	33
6.4. Variables de estudio	33
6.5. Operacionalización de variables	33
6.6. Fases de la investigación	34
6.6.1. Fase 1. Estudio Descriptivo	34
6.6.1.1. Etapa I. Identificación de los requerimientos físicos, técnicos, mecánicos, eléctricos, electrónicos y bibliográficos para la construcción de un prototipo de maleta médica	35
6.6.2. Fase 2. Desarrollo Tecnológico	36
6.6.2.1. Etapa II. Análisis técnico de los componentes operativos del sistema autosustentable de atención médica básica y el prototipo propuesto	36
6.6.2.2. Etapa III. Diseño del prototipo de la maleta médica	37
6.6.3. Fase 3. Validación y Pruebas	37
6.6.3.1. Etapa IV. Validación y pruebas funcionales	37
7. Resultados	39
7.1. Resultados primera fase	39

7.1.1. Resultados etapa I. Identificación de los requerimientos físicos, técnicos, mecánicos, eléctricos, electrónicos y bibliográficos para la construcción de un prototipo de maleta médica	39
7.1.1.1. Dispositivos eléctricos y electrónicos	39
7.1.1.2. Dispositivos médicos	40
7.1.1.2.1. Glucómetro digital	41
7.1.1.2.2. Monitor de presión sanguínea	42
7.1.1.2.3. Estetoscopio	43
7.1.1.2.4. Otoscopio	43
7.1.1.2.5. Termómetro digital infrarrojo	44
7.1.1.2.6. Balanza digital y cinta métrica	45
7.1.1.2.7. Set quirúrgico	46
7.1.1.3. Dispositivo de comunicación y telemedicina.....	46
7.1.1.3.1. Tableta de telemedicina	46
7.1.1.4. Estimación de Radiación Solar	48
7.1.1.4.1. Radiación solar media horizontal.....	48
7.1.1.4.2. Brillo solar.....	51
7.1.1.5. Marco Legal	54
7.2. Resultados Fase 2.....	57
7.2.1. Resultados etapa II. Análisis técnico de los componentes operativos del sistema autosustentable de atención médica básica y el prototipo propuesto.....	57
7.2.1.1. Dimensionado autónomo del sistema fotovoltaico	57
7.2.1.1.1. Cálculo de consumo estimado.....	57

7.2.1.1.2. Radiación solar disponible	59
7.2.1.1.3. Cálculo de placas y módulos solares.....	60
7.2.1.1.4. Capacidad de acumuladores	61
7.2.1.1.5. Selección del regulador e inversor	62
7.2.1.2. Selección de los dispositivos.....	63
7.2.1.2.1. Panel solar	64
7.2.1.2.2. Controlador de voltaje.....	65
7.2.1.2.3. Inversor de voltaje.....	66
7.2.1.2.4. Baterías de almacenamiento.....	68
7.2.2. Resultados etapa III. Diseño del prototipo de la maleta médica	69
7.2.2.1. Simulación y diagramación del sistema eléctrico	69
7.2.2.2. Simulación, diseño y organización del prototipo.....	71
7.3. Resultados Fase 3	75
8. Discusión de Resultados.....	83
9. Conclusiones	87
10. Recomendaciones	90
11. Referencias.....	91
12. Anexos	96
12.1. Anexo 1.....	96

Lista de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables	33
Tabla 2. Matriz bibliográfica del marco legal sobre telemedicina y salud en Colombia.....	55
Tabla 3. Potencia y energía del sistema de cargas	58
Tabla 4. Tensión nominal del sistema en función de la potencia	58
Tabla 5. Muestras del rendimiento y funcionamiento del sistema fotovoltaico	77
Tabla 6. Estimado de objetivos alcanzados en el proyecto.....	83

Lista de Figuras

Figura 1. Modelo de una Maleta solar	13
Figura 2. Moviles de Clinics on Wheels.....	15
Figura 3. Regiones de Colombia con mayor radiación solar	23
Figura 4. Mapa de radiación solar en Colombia.....	24
Figura 5. Glucómetro digital.....	41
Figura 6. Monitor de presión sanguínea y pulsioxímetro	42
Figura 7. Estetoscopio manual.....	43
Figura 8. Otoscopio.....	44
Figura 9. Termómetro digital infrarrojo.....	45
Figura 10. Balanza digital y cinta métrica	45
Figura 11. Set de herramientas quirúrgicas.....	46
Figura 12. Tableta de telemedicina.....	47
Figura 13. Irradiación global horizontal media diaria de la Región Caribe colombiana.....	50
Figura 14. Irradiación global horizontal media mensual en Sincelejo.....	50
Figura 15. Heliógrafo de CAMPBELL-STOKES	52
Figura 16. Distribución del Brillo Solar medio diario en la Región Caribe colombiana.....	53
Figura 17. Promedio de Brillo Solar mensual en Sincelejo	54
Figura 18. Modulo solar.....	65
Figura 19. Módulo solar flexible	65
Figura 20. Regulador de carga PWM	66
Figura 21. Inversor de tensión DC-AC	67
Figura 22. Banco de baterías.....	68

Figura 23. Diagrama de bloques del sistema eléctrico	69
Figura 24. Esquema eléctrico.....	70
Figura 25. Esquema básico del sistema fotovoltaico	71
Figura 26. Modelo de la maleta médica.....	72
Figura 27. Bosquejo interno del prototipo de la maleta.....	73
Figura 28. Prototipo de maleta portátil	74
Figura 29. Maleta médica portátil	74
Figura 30. Módulo solar en prueba.....	76
Figura 31. Regulador, inversor y baterías en prueba	76
Figura 32. Pruebas realizadas en campo.....	78
Figura 33. Medición de temperatura el módulo solar en prueba	79
Figura 34. Medición con osciloscopio de VAC a la salida del inversor.....	79
Figura 35. Onda seno modificada de la señal de corriente alterna del inversor	80
Figura 36. Diferencia entre una onda sinusoidal pura y onda sinusoidal modificada	81
Figura 37. Rendimiento de la carga de las baterías	81
Figura 38. Pruebas con los dispositivos electrónicos y médicos	82

Resumen

En la actualidad existen muchas regiones a nivel internacional que presentan dificultad para tener acceso a servicios básicos de salud e higiene, debido a su ubicación en zonas geográficamente dispersas, donde los principales problemas de acceso se aplican a lugares con riesgo por inundaciones, territorios montañosos, zonas rurales remotas y zonas de conflicto armado, por ende, las comunidades de estos lugares se exponen a riesgos de enfermedades y epidemias por falta de atención médica. En el territorio colombiano, existen muchas zonas con tal situación como lo es el departamento de Sucre, que posee ciertas áreas de difícil acceso, principalmente en las subregiones Montes de María, Mojana y San Jorge. En estas zonas la atención médica es compleja y carece de equipos médicos básicos que permitan hacer seguimientos periódicos. Por lo anterior, el objetivo del presente proyecto, es diseñar un prototipo de una maleta médica portátil utilizando energía renovable para brindar servicios básicos de atención primaria en salud en estas comunidades vulnerables. Por lo cual, este proyecto es de desarrollo tecnológico y tiene un alcance descriptivo que está enmarcado en tres fases: la primera relacionada con el levantamiento de los requerimientos físicos, técnicos, mecánicos, eléctricos, electrónicos y bibliográficos para la construcción de un prototipo de maleta médica, para la segunda fase se trabajará con el análisis técnico de los dispositivos eléctricos electrónicos del sistema y, por último, una fase de diseño y validación. Para el desarrollo de esta investigación, inicialmente se realizó una alianza con un ente de salud del departamento, luego se determinó todos los requerimientos físicos, técnicos, eléctricos y electrónicos para la construcción de una maleta médica portátil autosustentable; posteriormente hacer un

análisis técnico de los componentes operativos del sistema propuesto, consecutivamente, ensamblar la herramienta propuesta y por último validar el funcionamiento del prototipo. Así, se espera que se logre finalizar el diseño estructural completo de la maleta médica.

Palabras clave: energía solar, instrumentación médica, salud primaria, sistema energético, zonas de difícil acceso.

Abstract

There are currently many regions at international level that have difficulty accessing basic health and hygiene services, due to their location in geographically dispersed areas, where the main access problems apply to places at risk of flooding, mountainous territories, remote rural areas and areas of armed conflict, therefore, the communities in these places are exposed to risks of diseases and epidemics due to lack of medical care. In the Colombian territory, there are many areas with such a situation as is the department of Sucre, which has certain areas of difficult access, mainly in the Montes de María, Mojana and San Jorge subregions. In these areas, medical care is complex and lacks basic medical equipment that allows periodic follow-up. Therefore, the objective of this project is to design a prototype of a portable medical suitcase using renewable energy to provide basic primary health care services in these vulnerable communities. Therefore, this project is technological development and has a descriptive scope that is framed in three phases: the first related to the lifting of physical, technical, mechanical, electrical, electronic and bibliographic requirements for the construction of a prototype suitcase medical, for the second phase we will work with the technical analysis of the electronic electrical devices of the system and, finally, a design and validation phase. For the development of this research, initially an alliance was made with a health entity of the department, then all the physical, technical, electrical and electronic requirements for the construction of a self-sustaining portable medical suitcase were determined; subsequently make a technical analysis of the operational components of the proposed system, consecutively, assemble the proposed tool

and finally validate the operation of the prototype. Thus, it is expected that the complete structural design of the medical suitcase will be finalized.

Key words: areas of difficult access, energy system, medical instrumentation, primary health, solar energy.

1. Introducción

Desde la perspectiva tecnológica, muchos de los limitantes humanos en diferentes áreas del conocimiento y el desarrollo social, son alcanzables debido a las tendientes y sostenibles innovaciones que ha aportado la tecnología moderna en los últimos tiempos. Si bien es cierto que muchas de las tecnologías de la actualidad han mejorado notablemente las necesidades humanas más puntuales y básicas, no es cierto que sea algo global o generalizado. Si bien, sabemos que existen usuarios que aún están “desconectados” de esta realidad y no “gozan” de sus servicios. Pero es de resaltar que la ciencia y la tecnología muchas veces han logrado desafíos inalcanzables para la mente humana, cerrando de esta forma las brechas del conocimiento científico que habían permanecido así. No obstante, a pesar de los crecientes cambios, aún vemos que, en el área de la ciencia médica, gran parte de usuarios no se benefician de los servicios básicos en salud, sino que más bien se estancan en su quehacer diario, es decir, descuidando su salud física. Es el caso de los habitantes de zonas rurales, que por lo general habitan muy distantes de las ciudades donde existen centros de salud y atención médica a pacientes con diferentes tipos de casos.

Es aquí en donde surgen las necesidades de continuar innovando y creando estrategias para establecer soluciones eficaces y sostenibles en el tiempo. Y no es de dudar que existe una gran demanda de apoyo de los aportes tecnológicos. En consecuencia, uno de los mejores aportes que la tecnología hoy pudiera hacer es en cuanto a las necesidades y fallas que existen actualmente en el sistema de salud, no porque no existan profesionales del campo, sino más bien por las pocas estrategias implementadas en las zonas de difícil acceso, las cuales son afectados por un sinnúmero de enfermedades y mortalidad humana debido a la falta de tratamiento médico.

En relación a lo anterior se ha decidido inspeccionar en el asunto, y emprender la implementación de un diseño tecnológico que busque grandes mejoras en las fallas antes mencionadas. Aplicando además las demandas de implementación de las energías alternativas, que en nuestro caso en particular nos enfocaremos en el uso de la energía solar. Es por ello que, aplicando los conocimientos y las experiencias obtenidas durante el proceso de enseñanza y aprendizaje del área de la Ingeniería Electrónica, se desea hacer un aporte, culminando así este proyecto o trabajo investigativo, que seguramente será de gran beneficio para el área de la salud y la tecnología.

Finalmente, se espera que el desarrollo del presente proyecto llegue a los objetivos y propósitos planteados para tal fin, los cuales van encaminados a la consolidación de diseño completo de la maleta médica y su dotación de implementos médicos y electrónicos; evocando, además, a los ajustes, aportes y características técnicas que tendrá el diseño.

2. Planteamiento del Problema

2.1. Delimitación del problema

- **Campo:** Electrónica
- **Área de investigación:** Energías
- **Línea de investigación:** Energías renovables
- **Tema:** Maleta médica portátil autosustentable con energía fotovoltaica para atención primaria de salud en zonas de difícil acceso en el Departamento de Sucre
- **Problema:** Cómo el diseño de una maleta médica portátil autosustentable con energía fotovoltaica puede apoyar la atención primaria en salud en zonas de difícil acceso en el Departamento de Sucre
- **Delimitación espacial:** Zonas de difícil acceso en el Departamento de Sucre
- **Delimitación temporal:** 2019
 - **Fecha de inicio:** marzo del 2019
 - **Fecha de finalización:** 25 de noviembre del 2019

2.2. Descripción del problema

Hoy en día existe una gran problemática de salud pública a nivel mundial, debido a que muchas zonas aledañas al casco urbano de las ciudades del mundo no cuentan con cobertura de atención médica, a razón de múltiples factores. Dentro de estos, destacamos las grandes distancias geográficas, presencia de grupos armados ilegales, pocas unidades médicas a falta de recursos e infraestructura, no se cuenta con suministro eléctrico, vías complejas de acceso, desconocimiento de estos lugares, entre otros. A pesar de las diferentes estrategias que muchos países vienen realizando para mitigar esta gran problemática, siguen falleciendo muchas personas por no tener una atención temprana por personal experto del área de la salud. Por lo cual es una prioridad de los dirigentes de los países velar por el derecho de la salud de sus habitantes, garantizando que las personas que viven en zonas rurales y remotas tengan acceso a atención sanitaria oportuna.

Con respecto a las cifras internacionales de salud humanitaria, podemos identificar aun la gran mortalidad sanitaria en niños y adultos por las condiciones precarias de salud o bien sea por la falta de desarrollo sanitario en diferentes regiones del mundo. A pesar de los avances tan notables, según los Objetivos de Desarrollo Sostenible del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, todos los años mueren más de 6 millones de niños antes de cumplir cinco años y 16.000 menores fallecen a diario debido a enfermedades prevenibles, como el sarampión y la tuberculosis. Todos los días, cientos de mujeres mueren durante el embarazo o el parto y en zonas rurales solo el 56 % de los nacimientos es asistido por profesionales capacitados (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2018). Y todo lo anterior sucede en lugares de poco desarrollo social que no cuentan con servicios de salud.

Desde el enfoque nacional, en Colombia existen grandes retos para los campos de desarrollo rural, es decir, que dentro de los sistemas de salud, economía y estabilidad laboral debe surgir un crecimiento sostenible capaz de reparar las faltas que existen dentro de los mismos. Muestra de lo anterior, en cuestiones de salud, en el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, el Gobierno pretende reducir las brechas poblacionales y territoriales en la provisión de servicios de calidad en salud, por lo que:

[...] el desarrollo rural integral requiere además estrategias para facilitar la comunicación entre las personas, acceder a la información sobre servicios como la salud, [...] a través de tecnologías de información y de políticas para promover el acceso, el uso y su incorporación en la vida diaria de las personas (Departamento Nacional de Planeación, 2014).

Por lo tanto, es evidente que el Estado colombiano también está interesado en cerrar las brechas existentes entre los usuarios de zonas rurales con relación a los servicios de atención primaria en salud.

Ahora bien, considerando lo anterior, y las necesidades que el departamento de Sucre atiende, se espera desarrollar ideas innovadoras y sostenibles en el tiempo que apunten al desarrollo del sistema de salud con sustento en ciencia, tecnología e innovación. Y debido a que el departamento cuenta con zonas de difícil acceso como lo son los Montes de María y aledaños, así como también la zona de la Mojana, regaderos del río San Jorge y el Cauca, el Plan Nacional de Salud Rural (PNSR), de conformidad con lo estipulado en el Acuerdo Final de Paz del 2016, estableció como objetivo primordial: “hacer efectivo el ejercicio del derecho a la salud de las comunidades de las zonas rurales de Colombia. En este sentido, los beneficiarios del PNSR son los ciudadanos que residen en la zona rural del país”. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018) Esto es de notar, puesto que algunos

municipios de estas zonas en el departamento de Sucre fueron afectados por la violencia y el conflicto armado, impidiendo el desarrollo libre de infraestructuras gubernamentales de servicios en educación, salud y trabajo.

Si notamos el territorio geográfico del departamento de Sucre, en zonas montañosas y veredas donde la mayoría de los habitantes desatienden las necesidades de controles de salud, exponiéndose con el paso del tiempo a enfermedades y bajas en su salud física, observamos que regiones como la Mojana y los Montes de María presentan zonas complejas para acceder hasta las poblaciones aledañas y más distantes. En el municipio de Colosó, por ejemplo, en su Plan de Desarrollo Municipal se expresa que:

[...] aunque la cobertura de personas afiliadas al sistema de salud es razonable tanto en zona rural como urbana, es primordial mejorar el sistema de afiliación y la atención en la zona rural del municipio con una interventoría adecuada, que permita el acceso a los servicios de promoción y prevención ofertados por el sistema (Consejo Municipal de Colosó, 2016).

Asimismo, se expresa que:

[...] el acceso a los servicios y atención en salud para los pobladores de la zona rural del municipio de Colosó se constituye en un problema de relevante importancia para la administración local y requerirá de prioridades dentro del plan de desarrollo, para algunos casos el problema está relacionado con el difícil acceso a la cabecera municipal, por lo que algunas comunidades se encuentran recibiendo atención en los municipios de Sincelejo y Tolviejo; otras dificultades están relacionadas la existencia de una sola entidad que presta este servicio y se encuentra ubicada en la cabecera municipal y que se limita en relación con la

demanda y la dotación que tiene para atender esa demanda. Además de lo anterior en la zona rural hace algunos años dejaron de funcionar los puestos de salud. Para culminar el tema de oferta institucional en salud, el ESE municipal enfrenta una dificultad en el tema de infraestructura, la solvencia económica y la dotación de equipos y profesionales del área de salud (Consejo Municipal de Colosó, 2016).

En relación a lo anterior vemos una gran problemática para los habitantes de zonas rurales que debe ser estudiada, puesto que además de lo anterior, esta región aún no cuenta con un sistema vial bien desarrollado y un sistema eléctrico con cobertura total en las zonas rurales. En esto, el Gobierno Nacional en el documento del Acuerdo Final de Paz del año 2016, que en su primer punto trata acerca de la Reforma Rural Integral, que en su numeral 1.3.2.1, referente a la salud, expresa que:

La construcción y el mejoramiento de la infraestructura sobre la base de un diagnóstico amplio y participativo que permita atender al mayor número de usuarios y usuarias en cada región, la dotación de equipos, incluyendo la adopción de nuevas tecnologías para mejorar la atención (ej. Telemedicina), y la disponibilidad y permanencia de personal calificado (Gobierno Nacional - FARC-EP, 2016).

Por lo anterior, es notorio observar cierto grado de dificultad para acceder a los servicios más básicos de salud, por lo cual es preciso proponer una mejora.

2.3. Formulación y pregunta problema

¿Cómo el diseño de una maleta médica portátil autosustentable con energía fotovoltaica puede apoyar la atención primaria en salud en zonas de difícil acceso en el departamento de Sucre?

3. Justificación

La salud es un derecho básico de todo ciudadano, sin embargo, muchas personas no tienen acceso al mismo, debido a múltiples factores, entre los cuales destacamos el factor geográfico de ciertas zonas del territorio nacional. En el Departamento de Sucre, notamos el grado de dificultad que tendrían los profesionales de la medicina al intentar inspeccionar zonas como la Mojana, Montes de María y San Jorge, lugares que presentan zonas de difícil acceso y que son prioridad al momento de atender una emergencia sanitaria o en eventos más específicos como un parto o vacunación.

Ahora bien, gracias a los aportes tecnológicos que se notan actualmente, se logra tener acceso a una variedad de aplicaciones que se aprovechan dentro de las limitantes de los servicios de salud presentados en el Departamento de Sucre en las zonas de difícil acceso. Es por ello que en base a lo expuesto en la anterior problemática, se propone diseñar un sistema médico portátil, descrito anteriormente como una maleta médica, capaz de contener instrumentos médicos y de sustentación energética basada en energía solar, que sea de fácil manipulación, con el fin de acceder a lugares distantes como veredas, pueblos lejanos, vías no asfaltadas, entre otros, con tal de prestar los servicios hospitalarios y médicos posibles que requieren los habitantes de estas zonas.

De esta manera, se pretende implementar la presente idea investigativa, debido a la baja atención de prestación de servicios básicos de salud y de una infraestructura de salud gubernamental en estas zonas. Es importante resaltar que, con la falta de medios y recursos médicos en las zonas rurales, esta unidad médica portátil apoyaría la disminución de enfermedades comunes entre estos habitantes de zonas rurales, permitiendo a las organizaciones e instituciones de salud desarrollar sus objetivos en esta área, creando, por

consiguiente, grandes ventajas a favor de la lucha contra las enfermedades y padecimientos médicos que existen actualmente entre estos habitantes. En relación a esto, notamos que es relevante el uso de este tipo de unidades médicas en las zonas rurales del departamento de Sucre, las cuales se aplicarían también hacia otros lugares donde se requiera la atención médica por medio de estos sistemas de fácil manejo.

Además de lo anterior, es un hecho el uso de tecnologías innovadoras que ayuden al medio ambiente. Es por ello que en Colombia, según las Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022: *Pacto por Colombia, pacto por la equidad*, a nivel general se estipula que “este pacto por la Sostenibilidad implementa la agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), así como los lineamientos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en materia ambiental” (Departamento Nacional de Planeación, 2019). De esta forma, en el séptimo objetivo de los ODS, se pretende que para el período de 2030 se garantice la accesibilidad de energía eléctrica universal, para lo cual es preciso invertir en fuentes de energía limpia, como la solar, eólica y termal, sin embargo es necesario “expandir la infraestructura y mejorar la tecnología para contar con energía limpia en todos los países en desarrollo, es un objetivo crucial que puede estimular el crecimiento y a la vez ayudar al medio ambiente” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019).

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, el presente proyecto contará con la implementación de uno de estos lineamientos ambientales, el cual consiste en generar energía eléctrica gracias a la tecnología de foto celdas, el cual energizará el sistema eléctrico de la maleta médica.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Diseñar un prototipo de una maleta médica portátil autosustentable con energía fotovoltaica para atención primaria de salud en zonas de difícil acceso en el departamento de Sucre.

4.2. Objetivos Específicos

1. Determinar los requerimientos técnicos y de usuario para la construcción de una maleta médica portátil autosustentable.
2. Analizar técnicamente los componentes operativos del sistema autosustentable de atención médica básica y el prototipo propuesto para brindar atención médica en zonas de difícil acceso.
3. Organizar la arquitectura física del prototipo de la maleta médica para uso en zonas de difícil acceso en el departamento de Sucre.
4. Validar mediante pruebas piloto el funcionamiento técnico del prototipo de la maleta médica para evaluación de la eficiencia energética en zonas de difícil acceso del departamento de Sucre.

5. Marco Referencial

5.1. Antecedentes y Estado del Arte

A continuación, se presentan los antecedentes investigativos de proyectos e ideas tecnológicas referentes a la implementación de sistemas médicos alternativos en zonas paliadas y precarias en servicios de salud, así como también relacionados con sistemas fotovoltaicos implementados para la mejora de servicios sociales.

5.1.1. Proyecto Internacional N° 1.

- **Datos del proyecto:**
 - ✓ **Título:** We care solar suitcase
 - ✓ **Diseñadores:** Laura Stachel y Hal Aronson
 - ✓ **Lugar:** Nigeria
 - ✓ **Tipo de proyecto:** desarrollo tecnológico
 - ✓ **Año:** 2008
- **Descripción:** -La maleta solar es una unidad de energía portátil económica y fácil de usar que proporciona a los trabajadores de la salud una iluminación y potencia médica altamente eficientes para comunicaciones móviles, computadoras portátiles y pequeños dispositivos médicos. Se trata de We care solar suitcase, la maleta solar que fue diseñada originalmente para apoyar la atención obstétrica de emergencia oportuna y eficiente en Nigeria en África, pero se puede utilizar en una variedad de entornos médicos y humanitarios. Para instalaciones clínicas, el estuche amarillo, como se muestra en la figura 1, se convierte en un gabinete que se monta en la pared y los paneles se aseguran al techo (We Care Solar, 2019).

- **Impacto:** El éxito permitió la inversión de fundaciones y la fabricación de diseños de maletas a precios más asequibles. Si en un principio el primer prototipo costó US\$ 20.000, hoy confeccionar una maleta sólo cuesta US\$ 1.645.
- **Resultados:** Luego de implementar el sistema en el hospital, se redujeron las muertes en un 70%, lo que incitó a otras clínicas a probar la idea. Ahora, a siete años de iniciado el proyecto, las maletas se han repartido en más de 1.000 clínicas en Uganda, Etiopía, Sierra, León, Liberia, Nigeria, Tanzania, Malawi, Nepal y Filipinas (Urrejola, 2015).



Figura 1. Modelo de una Maleta solar
Fuente: [wecaresolar.org]

5.1.2. Proyecto Internacional N° 2.

- **Datos del proyecto:**
 - ✓ **Título:** Cinics on Wheels
 - ✓ **Diseñadores:** World Housing Solution en colaboración con Florida Hospital Nicholson Center
 - ✓ **Lugar:** Florida, Estados Unidos

- ✓ **Tipo de proyecto:** desarrollo tecnológico
- ✓ **Año:** 2018
- **Descripción:** - Clinics on Wheels surgió “como una empresa fundada en proporcionar estructuras seguras, sostenibles y confiables, y soluciones expedicionarias para los militares y los necesitados, que crea una nueva forma de brindar instalaciones y soluciones médicas de calidad a las víctimas en desastres y áreas afectadas”, según Ron Ben-Zeev, CEO de World Housing Solution. El CEO de World Housing menciona que en situaciones de desastres naturales o bien sea causados por el hombre, “las víctimas pueden estar expuestas a enfermedades e infecciones y no siempre tienen acceso a atención médica de alto nivel”; por lo que el ingenio diseñado propone una solución a este problema (Globe Newswire, 2018).
- **Impacto:** Estas unidades móviles, únicas en su clase, fueron creadas por la colaboración del Florida Hospital Nicholson Center y World Housing Solution y fueron comprados por el Departamento de Salud de Puerto Rico, usando fondos de la Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA). La ayuda médica llega tras el impacto del huracán María, que afectó los servicios del Centro de Diagnóstico de Tratamiento (CDT), en Vieques (Ver figura 2).

Los pacientes en la isla de Vieques, en Puerto Rico, podrán recibir tratamiento médico inmediato a través de la tecnología que ofrecen tres clínicas de salud portátiles ‘Clinics on Wheels’ y del carro de telemedicina ‘Mobile Med Solution’. La ayuda médica llega tras el impacto del huracán María, que afectó los servicios del Centro de Diagnóstico de Tratamiento (CDT), en Vieques.



Figura 2. Moviles de Clinics on Wheels
Fuente: [<https://clinicsonwheels.com/>]

- **Resultados:** *Clinics on Wheels*, diseñado por World Housing Solution Inc., es una progresión natural en su línea de productos cada vez mayor de estructuras innovadoras, sostenibles y de eficiencia energética que se hacen para ayudar a un mundo en crisis. Las clínicas portátiles se almacenan, despliegan y remolcan fácilmente y son capaces de salir de la red con Elastic Grid, lo que las convierte en la solución ideal para áreas afectadas por desastres y que necesitan instalaciones médicas (Figueroa, 2018).

5.1.3. Proyecto Internacional N° 3.

- **Datos:**
 - ✓ **Título:** Instalación de una Central Fotovoltaica en un Centro de Salud
 - ✓ **Autores:** Maykop Pérez Martínez & Yandry Rodríguez Domínguez
 - ✓ **Lugar:** Centro de Salud 5 de Abril II en Namibe, Angola

- ✓ **Tipo de proyecto:** propuesta de desarrollo tecnológico
- ✓ **Año:** 2019
- **Descripción:** - El proyecto de instalación del sistema fotovoltaico en el Centro Salud 5 de Abril II permitirá mejorar la dificultad en el suministro de energía eléctrica por parte de la red pública, para lo cual se propone una instalación eléctrica con generadores fotovoltaicos de forma autónoma que logre mejorar la calidad de vida de los habitantes del municipio de Namibe en el barrio 5 de Abril II (Pérez Martínez & Rodríguez Domínguez, 2019).
- **Resultados:** - Para el desarrollo de este proyecto, se presentaron “los principales indicadores utilizados para estudios sobre instalaciones fotovoltaicas en sistemas aislados, tomándose como objeto de estudio el Centro de Saúde 5 de Abril II” (Pérez Martínez & Rodríguez Domínguez, 2019) realizando búsquedas bibliográficas, manuales e información de instalaciones técnicas, dimensionado autónomo de sistemas fotovoltaicos de los aparatos eléctricos del Centro de Salud en mención para la instalación de la central fotovoltaica.

5.1.4. Proyecto Internacional N° 4.

- **Datos del proyecto:**
 - ✓ **Título:** ECG solar para monitorizar atletas de montaña
 - ✓ **Autores:** Ivana Caylá & Julieta Carricondo Robino
 - ✓ **Institución:** Universidad de Mendoza
 - ✓ **Lugar:** Mendoza, Argentina
 - ✓ **Tipo de proyecto:** desarrollo tecnológico

✓ **Año:** 2019

- **Descripción:** -En el proyecto en descripción, se realizó un diseño y la implementación de un sistema basado en un circuito electrónico de adquisición de señales cardíacas para atletas de alta montaña, priorizando su portabilidad, autonomía e interfaz simple. Este proyecto se utilizaron electrodos para la obtención de las señales cardíacas, filtros de frecuencia para un rango de operación de 0.05 Hz a 100 Hz, tarjeta de control Arduino UNO para el procesamiento de datos y cuatro celdas de silicio monocristalino para la energización del circuito o electrocardiógrafo (ECG), por lo que en la alta montaña no se encuentran redes eléctricas de uso común.
- **Resultados:** -Debido a las complicaciones durante actividades deportivas, como el caso de arritmia cardíaca o el mal agudo de montaña (MAM), las autoras de este desarrollo tecnológico buscan la prevención de estos males mediante la implementación de esta herramienta en la alta montaña. Como resultados del trabajo implementando, Cylá y Carricondo (2019) afirman que, “El prototipo diseñado está preparado para ser utilizado en las condiciones planteadas, aunque aún puede optimizarse considerablemente. Con esto, se reafirmó la importancia de una monitorización continua para deportistas, sobre todo en condiciones de riesgo como pueden ser las de alta montaña”.

5.1.5. Proyecto Internacional N° 5.

- **Datos del proyecto:**

- ✓ **Título:** Diseño e innovación de una unidad odontológica portátil de atención básica para el área rural de la provincia de Loja
 - ✓ **Autores:** Jackelin del Cisne Celi García & Tatiana Trokhimtchouk
 - ✓ **Lugar:** Loja, Ecuador
 - ✓ **Tipo de proyecto:** desarrollo tecnológico
 - ✓ **Año:** 2016
- **Descripción:** Esta investigación se trató de un diseño y desarrollo de un consultorio odontológico portátil para el tratamiento y prevención de pacientes con enfermedades bucodentales, lo cual buscaba facilitar el trabajo de los profesionales en odontología siendo los habitantes del área rural de la provincia de Loja los beneficiarios de dicho proyecto; esto mediante convenio con la UIDE – Loja e interesados (GARCÍA; DEL CISNE, 2016).
 - **Resultados:** La unidad odontológica que fue creada en la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), en su producto final cuenta con un sistema de ruedas, fácil instalación de todos los componentes en uno solo equipo, además de su fácil despegue y armado en zonas rurales para su fácil transporte.

5.1.6. Proyecto Nacional N° 1.

- **Datos del proyecto:**
 - ✓ **Título:** Investigación y análisis del estado del arte para un futuro desarrollo e implementación de una estación portátil de telemedicina
 - ✓ **Autores:** Fabián Ernesto la Rotta Morales & Antonio José Salazar Gómez
 - ✓ **Lugar:** Bogotá, D.C., Colombia

- ✓ **Tipo de proyecto:** proyecto de grado
- ✓ **Año:** 2006
- **Descripción:** En esta investigación se buscaba integrar las técnicas y métodos tecnológicos para crear una Estación Portátil de Telemedicina (EPT). “Por lo tanto, este trabajo presenta un análisis profundo de la investigación en la pertinencia y utilización de una EPT, identificando y analizando escenarios y casos médicos en donde el uso de una EPT puede ser de gran ayuda y colaboración para la prestación de servicios de salud bajo la modalidad de telemedicina” (LA ROTTA MORALES, 2006).
- **Resultados:** La investigación realizada por los autores Rotta Morales & Salazar Gómez de la Universidad de los Andes en Colombia, pudo determinar que generalmente, los equipos médicos básicos con que debe contar una EPT son los equipos útiles para establecer un primer diagnóstico como medidores de signos vitales, espirometría, pruebas de glicemia y electrocardiografía, acompañados con cámaras digitales con tecnología CCD y adaptaciones a microscopios para estudios de telepatología y teledermatología (LA ROTTA MORALES, 2006). Esto además de tener en cuenta los costos de equipos, estándares de transmisión de datos, tecnologías de telecomunicaciones para la creación de bases de información conjunta con centros médicos e instituciones prestadoras de servicios de salud y atención a desastres.

5.1.7. Proyecto Nacional N° 2.

- **Descripción:** En las laderas de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia, extremo norte de la cordillera de los Andes, viven cuatro tribus emparentadas entre sí. Una

de ellas es la etnia Arhuaca, cuyo centro de salud recientemente inaugurado es energizado mediante fotovoltaica, un proyecto que beneficia a más de 200 personas y en el que participan profesionales de la salud mediante donaciones voluntarias y cuya financiación colectiva e instalación fue gestionada por la compañía Optim-Energy. Según comenta el director de la firma, Andrés Gómez, se trata de un sistema fotovoltaico con una potencia de 2,94 kW que permite una capacidad operativa, en condiciones óptimas de irradiación, de 1,2 días de autonomía. El sistema alimenta un esquema organizado en base a seis LED de 7 watts con lumen de 630 y una nevera/congelador de 35 W DC en condiciones de operar las 24 horas del día; también permite energizar dos computadoras portátiles de 90 W, operar un esterilizador de 890 W, y mantener encendido durante tres horas un televisor de 12" a 35W junto con un sistema de DirectTV y un CD-Player. Este sistema se viene implementado desde el año 2016.

- **Impacto y resultados:** El proyecto, explica Gómez, se origina por la necesidad de energizar el centro de atención primaria de salud dirigido a mujeres parteras y primeros auxilios en la zona indígena de Seykwinkuta etnia Arhuaca, donde se brinde el conocimiento y se desarrolle la capacitación de esterilización y primeros auxilios". El objetivo es "la reducción de la mortalidad infantil y materna, en caso de emergencias obstétricas o infecciones leves debido a la dispersión de las comunidades y la lejanía o ausencia de las clínicas de atención para que así, principalmente las mujeres de la etnia de la región de Seykwinkuta y demás regiones vecinas puedan ayudarse y reducir más del 50% de las muertes maternas e infantiles", concluye el director de Optim-Energy (ExpoSolar Colombia, 2018).

5.2. Marco Conceptual

5.2.1. Energía solar.

Es la fuente primaria de luz y calor en la tierra, por esta razón se puede considerar como una fuente renovable; para generarla, se usa como fuente la radiación solar que llega a la Tierra. Este tipo de energía es gratuita, no genera emisiones y es silenciosa. Además, es una de las pocas tecnologías renovables que pueden ser integradas al paisaje urbano y es útil en zonas rurales de difícil acceso.

En Colombia se podría generar en mayor escala en las zonas del Magdalena, La Guajira, San Andrés y Providencia (Universidad de Antioquia, 2007)

5.2.2. Radiación solar.

El sol es una gran estrella que permite la vida en nuestro planeta. Al interior de esta estrella suceden una cantidad de reacciones químicas y pequeñas fusiones atómicas que hacen que el sol convierta su masa en energía que se emite a través de la radiación hasta llegar a la tierra. Gracias a este fenómeno es posible convertir la energía del sol en electricidad.

Gracias a la energía proveniente del sol es posible la vida en nuestro planeta, veamos algunas otras razones por las que es importante la radiación solar:

- Las plantas se alimentan de la energía proveniente del sol. Gracias a esto pueden realizar el proceso de fotosíntesis que les permite crecer y a su vez producir oxígeno.
- La energía del sol permite que sean posibles las estaciones en la tierra.
- Gracias a la radiación solar es posible generar electricidad.

Ahora bien, de qué depende que haya más o menos radiación solar en un lugar. Por lo menos de los siguientes factores:

1. **Latitud:** a mayor distancia de la línea ecuatorial menor radiación solar.
2. **Altura sobre el nivel del mar:** a mayor altura, mayor radiación.
3. **Orografía:** Se refiere a las elevaciones que puedan existir en una zona en particular. Por ejemplo, los valles profundos tienen menor radiación solar.
4. **Nubosidad:** En cuanto mayor es la nubosidad, menor radiación solar hay.
5. **Movimiento de traslación del planeta:** la traslación es el movimiento en órbita que tiene la tierra alrededor del sol que traza una línea imaginaria llamada plano de la eclíptica, la traslación es la responsable de la existencia de las estaciones en la tierra a lo largo del año. Los polos de la tierra, por ejemplo, reciben menos radiación solar de acuerdo con este movimiento en ciertas temporadas del año (América Fotovoltaica, 2014).

5.2.3. Radiación solar en Colombia.

Colombia es un país privilegiado por su posición geográfica. No solo cuenta con gran variedad de climas, también presenta uno de los niveles de radiación solar más altos en el mundo, dándole una gran ventaja en el uso de energía solar.

La UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) que pertenece al Ministerio de Minas y energía de Colombia y el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) crearon en el 2005 un Atlas de radiación en Colombia que recopila la información básica de referencia para el aprovechamiento de la energía solar como una

opción para el uso sostenible de los recursos energéticos de Colombia, estableciendo el valor promedio diario de radiación por regiones (América Fotovoltaica, 2014).

En resumen, según el Atlas de radiación solar, los sectores en Colombia que cuentan mayor disponibilidad de energía solar se muestran en la figura 3.



Figura 3. Regiones de Colombia con mayor radiación solar
Fuente: [IDEAM, 2015]

Aun así, Colombia posee dos periodos de sequía o verano durante el año que permite la explotación de la radiación solar en estos dos periodos. En el mapa de radiación solar proporcionado por el IDEAM en la figura 4, se observa que la región norte, oriental y nororiental de Colombia, posee la mayor incidencia de este recurso natural libre.

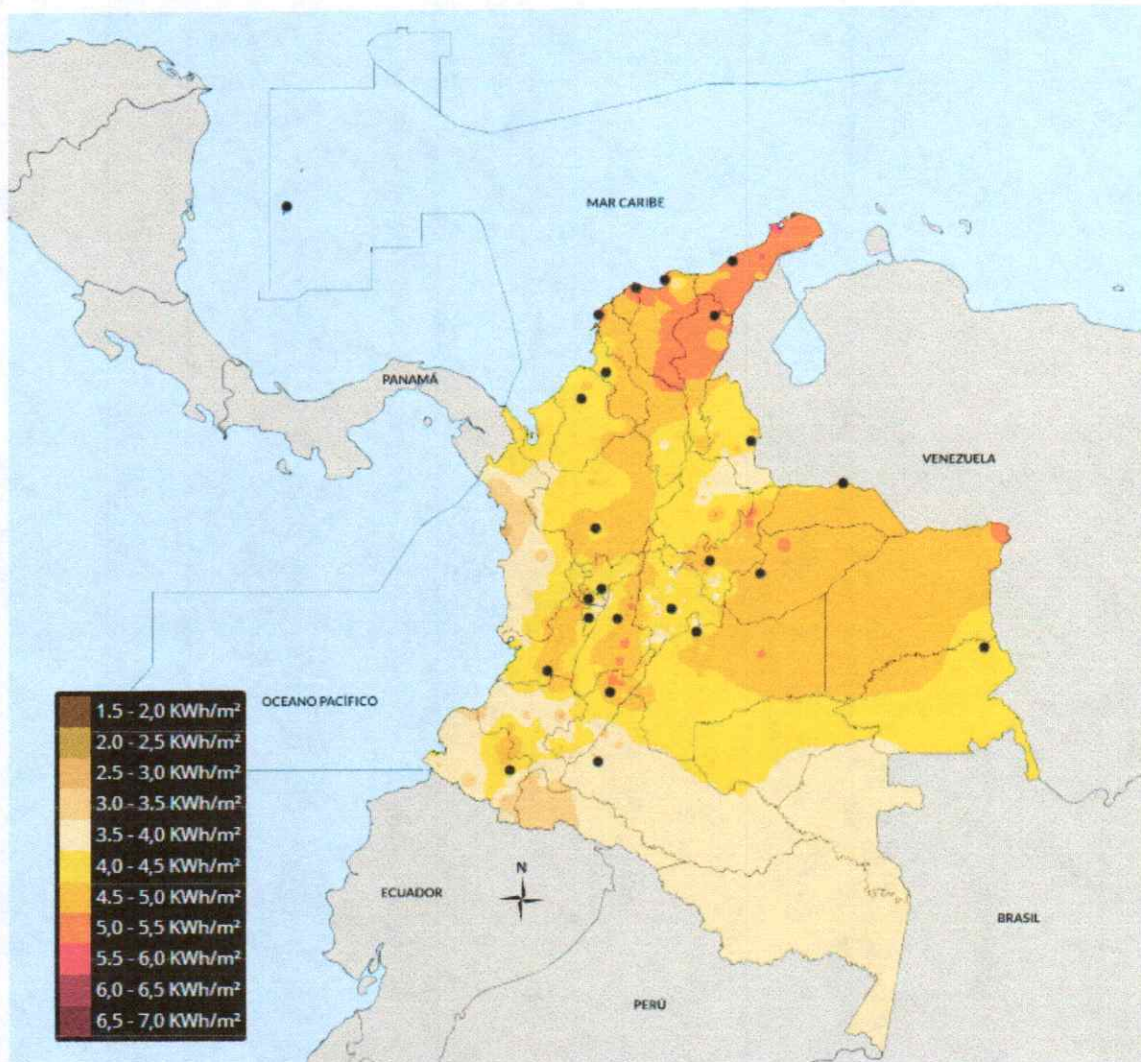


Figura 4. Mapa de radiación solar en Colombia
Fuente: [IDEAM, 2015]

5.2.4. Conceptos tecnológicos.

5.2.4.1. Panel solar.

Un panel solar es un dispositivo para aprovechar la energía solar. También se le puede llamar módulo solar. Los paneles solares fotovoltaicos contienen un conjunto de células solares que convierten la luz en electricidad. Se llama solar porque el sol es una de las fuentes de energía más fuertes para este tipo de uso. Las células solares a veces se llaman células fotovoltaicas, y la fotovoltaica significa literalmente “luz-electricidad”. Las

células solares tienen el efecto fotovoltaico para absorber la energía del sol y hacer que la corriente eléctrica fluya entre dos capas cargadas en la dirección opuesta.

Se puede utilizar la denominación de panel solar tanto para la energía solar fotovoltaica como para la energía solar térmica. De este modo, distinguimos:

- *Colectores solares.* Utilizados en las instalaciones de energía solar térmica. Su función es elevar la temperatura de un fluido mediante la radiación solar.
- *Paneles fotovoltaicos.* Se trata de un conjunto de células fotovoltaicas cuya función es generar una corriente eléctrica (Energía Solar, 2017).

5.2.4.2. Regulador de carga.

Un regulador solar (o de carga) es un dispositivo encargado de controlar constantemente el estado de carga de las baterías, así como de regular la intensidad de carga con el fin de alargar la vida útil de las baterías. (Damia Solar, 2019).

“La misión primordial de un regulador de carga en un sistema fotovoltaico autónomo con baterías es realizar un proceso óptimo de carga de la batería, permitiendo la carga completa pero evitando la sobrecarga y la sobredescarga” (ABELLA, 2005).

Existen dos tipos de reguladores de carga: el regulador PWM y el regulador MPPT

- *El regulador de carga PWM (del inglés Pulse Width Modulation – Modulación por Ancho de Pulso):*

Estos son algunos ejemplos:

- Panel 12V + Batería a 12V = Regulador de carga PWM
- Panel 24V + Batería a 24V = Regulador de carga PWM
- Panel 48V + Batería a 48V = Regulador de carga PWM

- *Reguladores de carga MPPT (del inglés Maximum Power Point Tracking – Seguidor del Pulso de Máxima Potencia):*

Estos son algunos ejemplos del funcionamiento de un regulador de carga:

- Panel de Conexión a Red + Batería de 12V = Regulador de carga MPPT
- Panel de 24V + Batería de 12V = Regulador MPPT

5.2.4.3. Inversor de tensión.

Un inversor de voltaje es un dispositivo electrónico que convierte un determinado voltaje de entrada de Corriente Continua (CC en español, DC en inglés) en otro voltaje de salida de Corriente Alterna (CA en español, AC en inglés). Es decir, recibe corriente continua de un determinado voltaje y proporciona corriente alterna generalmente de un voltaje diferente al de entrada.

¿Para qué se utilizan?: La mayoría de baterías, como las de un coche o de un molino eólico y la mayoría de fuentes de energías renovables, producen corriente continua mientras que la mayoría de aparatos eléctricos funcionan con corriente alterna; por esto el principal uso de los inversores es para hacer transformar la energía eléctrica continua disponible en corriente alterna que pueda ser utilizada para la mayoría de aparatos eléctricos (Curiosoando, 2014).

5.2.5. Conceptos médicos.

5.2.5.1. Atención Primaria en Salud.

La Atención Primaria en Salud es una estrategia que busca, mediante tecnologías y métodos sociales, clínicos y científicos, proveer asistencia esencial, continua e integral a las personas, familias y comunidades en condiciones de cercanía como “primer elemento de asistencia sanitaria” que se garantiza por ser de alta calidad, costo efectiva y prestación de servicios multidisciplinarios (OMS, 1978, citado en Ministerio de Salud y Protección Social, 2016, pp. 33-34)

La atención primaria tiene un alcance mayor que el componente asistencial de los servicios curativos tal como lo plantea la OMS en su informe de 2008, e involucra la territorialización, el fortalecimiento de la participación social efectiva que empodera a la población en la toma de decisiones, la gestión intersectorial y la integralidad de los servicios individuales y colectivos con un enfoque de salud familiar y comunitaria (World Health Organization, 2008).

En Colombia, según la Ley 1438 de 2011, la APS se considera como:

La estrategia de coordinación intersectorial que permite la atención integral e integrada, desde la salud pública, la promoción de la salud, la prevención de la enfermedad, el diagnóstico, el tratamiento, la rehabilitación del paciente en todos los niveles de complejidad a fin de garantizar un mayor nivel de bienestar en los usuarios, sin perjuicio de las competencias legales de cada uno de los actores del Sistema de Salud. Hace uso de métodos, tecnologías y prácticas científicamente fundamentadas y socialmente aceptadas que contribuyen a la equidad, solidaridad y costo efectividad de los servicios de salud. Constituida por tres componentes integrados e interdependientes: los servicios de salud, la acción

intersectorial/transectorial por la salud y la participación social, comunitaria y ciudadana (Artículo 12, Ley 1438 de 201, citado en Ministerio de Salud y Protección Social, 2016, pp. 33-34)

5.2.5.2. Tensiómetro.

El tensiómetro es un aparato médico que se utiliza en el monitoreo de la presión sanguínea. De acuerdo a su tecnología, se pueden diferenciar dos tipos (Dugdale, Zieve, & Conaway, 2019):

- Tensiómetros manuales
- Tensiómetros digitales

Tensiómetros manuales: Los dispositivos manuales incluyen un manguito que se envuelve alrededor del brazo, una pera de caucho y un manómetro que mide la presión arterial. Se necesita un estetoscopio para escuchar la sangre pulsando a través de la arteria.

Usted puede ver su presión arterial en el disco circular del manómetro a medida que la aguja se mueve alrededor y la presión en el manguito sube o baja.

Cuando se usan correctamente, los dispositivos manuales son muy precisos. Sin embargo, no son el tipo de tensiómetro recomendado para el uso en el hogar.

Tensiómetros digitales: Un dispositivo digital también tendrá un manguito que se envuelve alrededor del brazo. Para inflar el manguito, usted posiblemente necesite usar una pera de caucho. Otros tipos se inflan automáticamente al pulsar un botón. Después de que el manguito se infle, la presión disminuirá lentamente por sí sola. La pantalla mostrará una lectura digital de su presión arterial sistólica y diastólica.

Después de mostrar su presión arterial, el manguito se desinflará por sí solo. Con la mayoría de los aparatos, usted debe esperar durante 2 a 3 minutos antes de usarlo de nuevo.

Un tensiómetro digital no será tan preciso si su cuerpo se está moviendo cuando usted lo esté usando. Igualmente, una frecuencia cardíaca irregular hará que las lecturas sean menos precisas. Sin embargo, los tensiómetros digitales son la mejor opción para la mayoría de las personas.

5.2.5.3. Glucómetro.

El glucómetro o medidor de glucosa en sangre capilar se utiliza para medir la cantidad de glucosa que hay en una gota de sangre. Permite saber si los niveles de glucosa del niño están dentro de su franja ideal.

Para utilizar un medidor de glucosa hay que coger una pequeña gota de sangre del dedo, recién lavado. Esta acción se denomina glucemia capilar. La gota de sangre del dedo se obtiene mediante un pequeño pinchazo con un instrumento llamado pinchador, dentro del cual hay una aguja denominada lanceta (Hospital Sant Joan de Déus Barcelona, 2014).

5.2.5.4. Otoscopio.

El otoscopio es un instrumento con un haz de luz que ayuda a visualizar y examinar la condición del canal auditivo y del tímpano. El examen del oído puede revelar la causa de algunos síntomas tales como dolor o sensación de llenura en el oído o pérdida de la audición (Medline Plus, 2018).

5.3. Marco Legal

5.3.1. Ley 1715 de 2014.

La finalidad de la presente ley es establecer el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, lo mismo que para el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía, la

eficiencia energética y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional (Artículo 2, Ley 1715 de 2014, Congreso de la República).

6. Marco Metodológico

Para la realización de la presente investigación, se determinaron las estrategias y procedimientos que seguirán para dar respuesta al problema y comprobar la hipótesis, entendiéndose como metodología o diseño metodológico a “la descripción de cómo se va a realizar la investigación” (Pineda, de Alvarado y de Canales, 1994, p. 77), la cual se describe a continuación.

6.1. Tipo de investigación

Debido al desarrollo y naturaleza del actual proyecto, sobre el diseño de una maleta medica solar, en el presente informe se describen dos tipos de investigación: para la fase uno se identifica un estudio descriptivo y para la fase dos un desarrollo tecnológico, tal como se describe en los siguientes apartados:

6.1.1. Estudio descriptivo

El presente proyecto en su primera fase, es un estudio descriptivo que, según Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014), “busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (p. 92). De este modo, para este proyecto se hizo una descripción del marco legal de telemedicina y equipos médicos electrónicos, así como la pertinencia de los mismos para atención de primer nivel en salud en zonas de difícil acceso del departamento de Sucre.

6.1.2. Desarrollo tecnológico

Según COLCIENCIAS (2019), “los proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación son considerados proyectos de CTel y son concebidos como un

proceso sistemático que inicia con el entendimiento sobre los fundamentos de los fenómenos y hechos observables” (p. 11)

De acuerdo a lo anterior, para la segunda fase del marco metodológico, el presente proyecto de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI) se clasifica como proyecto de Desarrollo Tecnológico, entendiéndose este último como:

Aplicación de los resultados de la investigación, o de cualquier otro tipo de conocimiento científico, para la fabricación de nuevos materiales, productos, para el diseño de nuevos procesos, sistemas de producción o prestación servicios, así como la mejora tecnológica sustancial de materiales, productos, procesos o sistemas preexistentes. Esta actividad incluirá la materialización de los resultados de la investigación en un plano, esquema o diseño, así como la creación de prototipos no comercializable y los proyectos de demostración inicial o proyectos piloto, siempre que los mismos no se conviertan o utilicen en aplicaciones industriales o para su explotación comercial (NTC 5800, 2008, citado en COLCIENCIAS, 2019, p. 23).

6.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación del presente proyecto se considera de campo cuasi-experimental. De acuerdo a Tamayo y Tamayo (2003) es “Cuando estudia las relaciones causa - efecto, pero no en condiciones de control riguroso de las variables que maneja el investigador en una situación experimental” (p. 111), por lo que en este proyecto se tomarán muestras de parámetros eléctricos como la radiación solar, el voltaje, la potencia y la intensidad de corriente, indicando cómo afectan el comportamiento de los aparatos médicos que se energizan con la energía transformada de la energía solar.

6.3. Enfoque de la investigación

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo puesto que, de acuerdo a Hernández Sampieri *et al.*, “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p. 4). De este modo, en la presente investigación se seleccionarán o tomarán muestras de los valores de voltaje y corriente para optimizar el circuito que será alimentado por el sistema fotovoltaico.

6.4. Variables de estudio

Las variables a tener en cuenta en la presente investigación son:

- **Variable independiente:** radiación solar
- **Variable dependiente:** potencia de consumo de dispositivos electrónicos

6.5. Operacionalización de variables

La operacionalización de las variables de estudio consiste en “el proceso de señalar cómo se tomarán las medidas empíricas” (Pineda *et al.*, 1994, p. 107). De esta manera, en la tabla 1 se muestra este aspecto.

Tabla 1.
Operacionalización de variables

Variable	Indicador	Tipo	Escala	Unidad de medida
<i>Independiente:</i> radiación solar	Cantidad de radiación solar por día	Cuantitativa continua	Intervalo	Wh/m ² . Día (vatios por hora por cada metro cuadrado por día)
	Cantidad de potencia y voltaje generado	Cuantitativa continua	Intervalo	<ul style="list-style-type: none"> • W (vatio) • V (voltio)

Variable	Indicador	Tipo	Escala	Unidad de medida
<i>Dependiente:</i> Potencia de consumo de dispositivos electrónicos	Cantidad de consumo de potencia de dispositivos electrónicos	Cuantitativa continua	Intervalo	W (vatio)

Fuente: [El Autor]

La tabla 1, referente a la operacionalización de las variables, nos indica que las muestras seleccionadas para el estudio cuasi-experimental se categorizan en variables cuantitativas, porque se toman muestras numéricas, que a la vez son continuas, indicando que son números decimales o fracciones y de intervalo

6.6. Fases de la investigación

Las fases de la investigación determinan el camino del desarrollo de la investigación a nivel general, por lo cual el presente proyecto está seccionado por tres fases definidas de la siguiente forma:

- Fase 1. Estudio Descriptivo
- Fase 2. Desarrollo Tecnológico
- Fase 3. Validación y pruebas

6.6.1. Fase 1. Estudio Descriptivo

En la fase inicial del proyecto, se debe hacer un estudio descriptivo que consiste en el levantamiento de todos los requerimientos técnicos y de usuario, es decir que en cuanto a la composición física del prototipo se identificará los dispositivos eléctricos, electrónicos y

médicos. Estos últimos, serán los elementos de uso preventivo para usuarios en zonas de poca incidencia médica; de igual manera se tendrán en cuenta los demás aspectos para la identificación de estos requerimientos. En la primera etapa se describen todos estos requerimientos.

6.6.1.1. Etapa I. Identificación de los requerimientos físicos, técnicos, mecánicos, eléctricos, electrónicos y bibliográficos para la construcción de un prototipo de maleta médica.

- **Objetivo 1:** Determinar los requerimientos técnicos y de usuario para la construcción de una maleta médica portátil autosustentable.
- **Descripción:** En la primera etapa del marco metodológico se tendrá en cuenta todos los requerimientos físicos, técnicos, electrónicos y bibliográficos para la estructuración del prototipo de la maleta médica. Se identificará en primera instancia cuáles son los implementos electrónicos necesarios para armar un sistema de energía autosustentable con tecnología fotovoltaica que a la vez sea amigable con el medio ambiente; además, se identificarán, mediante entrevistas no estructuradas a expertos en el área de la salud, los dispositivos y herramientas médicas pertinentes para servicios de prevención de salud en zonas de difícil acceso en una determinada área geográfica, para lo cual es necesario determinar parámetros de portabilidad de la maleta física, asociados a condiciones ambientales y de durabilidad. Añadido a lo anterior, se identificará el dispositivo de comunicación y de control de datos para usuarios, a los cuales tendrá acceso un ente encargado o centro médico.

En cuanto al sistema de energía solar con tecnología fotovoltaica, se requerirá un estudio sobre radiación solar en el departamento de Sucre con el objeto de analizar el área de operación del proyecto. Finalmente, se investigará en cuanto al marco legal sobre la necesidad de aportar tecnologías o herramientas aplicadas a la salud.

6.6.2. Fase 2. Desarrollo Tecnológico

En la segunda fase del marco metodológico se iniciará con el desarrollo del prototipo propuesto, teniendo en cuenta los aspectos técnicos descritos en la Fase 1, y los aspectos técnicos pertinentes para tal objeto. En las etapas II y III que siguen, se detallan estos aspectos.

6.6.2.1. Etapa II. Análisis técnico de los componentes operativos del sistema autosustentable de atención médica básica y el prototipo propuesto.

- **Objetivo 2:** Analizar técnicamente los componentes operativos del sistema autosustentable de atención médica básica y el prototipo propuesto para brindar atención médica en zonas de difícil acceso.
- **Descripción:** Para esta fase se analizará las características técnicas de los elementos y dispositivos electrónicos identificados anteriormente. Se procederá realizando pruebas de desempeño energético a los dispositivos eléctricos y electrónicos que conformarán el sistema de alimentación de dispositivos médicos digitales y electrónicos. Se identificará los materiales del revestimiento de la maleta médica.

6.6.2.2. Etapa III. Diseño del prototipo de la maleta médica

- **Objetivo 3:** Organizar la arquitectura física del prototipo de la maleta médica para uso en zonas de difícil acceso en el departamento de Sucre.
- **Descripción:** Para esta etapa de consolidación del prototipo, se debe realizar el diseño y organización final de la maleta médica, articulando y ajustando cada tecnología que sustente energéticamente los equipos médicos, como el panel solar y el circuito de regulación y distribución de energía, con puertos de alimentación directos para los dispositivos médicos digitales que aloje dentro de ella. Para este diseño, se deberá esquematizar el prototipo mediante diagramas de bloques y simulación del prototipo a través del software de CAD Sketchup; además de pruebas mediante simulaciones de funcionamiento a través del software Proteus y la descripción funcional de cada dispositivo que conforme la maleta médica.

6.6.3. Fase 3. Validación y Pruebas

6.6.3.1. Etapa IV. Validación y pruebas funcionales

- **Objetivo 4.** Validar mediante pruebas piloto el funcionamiento técnico del prototipo de la maleta médica para evaluación de la eficiencia energética en zonas de difícil acceso del departamento de Sucre.
- **Descripción:** En la etapa final, se realizarán pruebas pilotos para verificar la eficiencia de la herramienta, en relación al consumo de los dispositivos médicos, el tiempo de autonomía de las baterías y el proceso de carga de éstas, utilizando la energía solar. En este caso, será necesario la utilización de instrumentos de

medición como el multímetro, el cual mide amperaje en DC y AC, voltaje en DC y AC, resistencia, continuidad eléctrica y otros más; el osciloscopio, el cual es útil para determinar parámetros de señales eléctricas digitales y análogas tales como: frecuencia, periodo, amperaje, voltaje, entre otras, además de un termómetro para determinar la temperatura de superficies de los módulos expuestos al sol.

7. Resultados

En el presente apartado se describe el avance teórico y práctico del proyecto, que representa los resultados obtenidos y puntos alcanzados en relación a los objetivos establecidos que condujeron al proceso de diseño, simulación y estudios pertinentes para el diseño de una maleta médica con tecnología fotovoltaica, así como a la obtención de los recursos físicos del proyecto.

A continuación, se detalla los resultados por cada fase del proyecto.

7.1. Resultados primera fase

7.1.1. Resultados etapa I. Identificación de los requerimientos físicos, técnicos, mecánicos, eléctricos, electrónicos y bibliográficos para la construcción de un prototipo de maleta médica.

La presente descripción explica la identificación de todos los requerimientos que, en sentido general, conforman la estructura teórica y práctica del actual proyecto. Por lo cual, se tuvieron en cuenta aspectos físicos, como las herramientas que serán parte de la maleta médica, y por supuesto del contenido teórico que sustenta y justifica la importancia del mismo.

7.1.1.1. Dispositivos eléctricos y electrónicos

Inicialmente, se estableció que, debido a las ventajas y características a favor del medio ambiente, las energías alternativas y renovables permiten un mejor uso para zonas rurales donde abundan recursos naturales como luz solar, biomasa, corrientes de vientos, entre otros. En relación a lo anterior, se tuvo en cuenta que los sistemas fotovoltaicos para conversión de energía solar a eléctrica, encajan dentro de los objetivos propuestos para

zonas de difícil acceso, no solo por la autonomía de estos sistemas, sino además por la facilidad de su operación y la abundancia del recurso principal que es la radiación solar, en cualquier parte del departamento de Sucre.

De esta manera, los dispositivos electrónicos que hacen parte de un sistema básico fotovoltaico son:

- Panel solar
- Controlador de voltaje
- Inversor de voltaje DC-AC
- Banco de baterías

Ahora bien, para definir las características eléctricas de estos dispositivos se recurrió a un dimensionado autónomo para sistemas fotovoltaicos, el cual se describe en la etapa III del presente documento.

7.1.1.2. Dispositivos médicos

Los dispositivos médicos que se describirán en esta sección, hacen parte de las herramientas médicas que conformarán la maleta médica solar, los cuales se conocieron mediante entrevistas no estructuradas, dirigidas al Director Ejecutivo de la Cruz Roja seccional Sucre, el señor Gerardo Navarro Hoyos, logrando identificar los requerimientos de usuario y cuáles debían ser los dispositivos y herramientas médicas necesarias para atención de primer nivel en salud. De esta manera los instrumentos médicos pertinentes en el proyecto de la maleta médica autosustentable con energía fotovoltaica, son:

- Un glucómetro digital

- Un tensiómetro digital
- Un pulsioxímetro digital
- Un fonendoscopio o estetoscopio
- Un otoscopio
- Un termómetro digital
- Una balanza digital
- Un kit quirúrgico

7.1.1.2.1. Glucómetro digital

Este medidor en formato digital permite la obtención de información de glucosa en la sangre. Cuenta con una batería de litio no recargable de 3V y es útil para censar pacientes con cuadros clínicos con diabetes. Su funcionalidad dentro del proyecto de la maleta médica solar permitirá la prevención de anomalías en la salud humana (Ver figura 5).



Figura 5. Glucómetro digital

Fuente: [El Autor]

7.1.1.2.2. Monitor de presión sanguínea

Este dispositivo permite el monitoreo de tensión arterial, y los pulsos del corazón, por lo que hace las veces de un tensiómetro y un pulsioxímetro, convirtiéndolo en una herramienta integral que además permite conexión bluetooth para obtención de datos por telemedicina.

Su forma de energización es por baterías de carbono no recargables o por medio de un adaptador AC, permitiendo que se alimente del sistema de energía fotovoltaico. (Ver figura 6).



Figura 6. Monitor de presión sanguínea y pulsioxímetro

Fuente: [El Autor]

7.1.1.2.3. *Estetoscopio*

El estetoscopio, denominado también fonendoscopio, se utiliza generalmente en la auscultación de los sonidos cardíacos y respiratorios, aunque a veces también es usado para determinar sonidos intestinales o soplos por flujos sanguíneos en arterias y venas (EKUORE, 2017). La figura 7 representa un estetoscopio convencional útil para el sondeo de los procesos del sistema circulatorio.

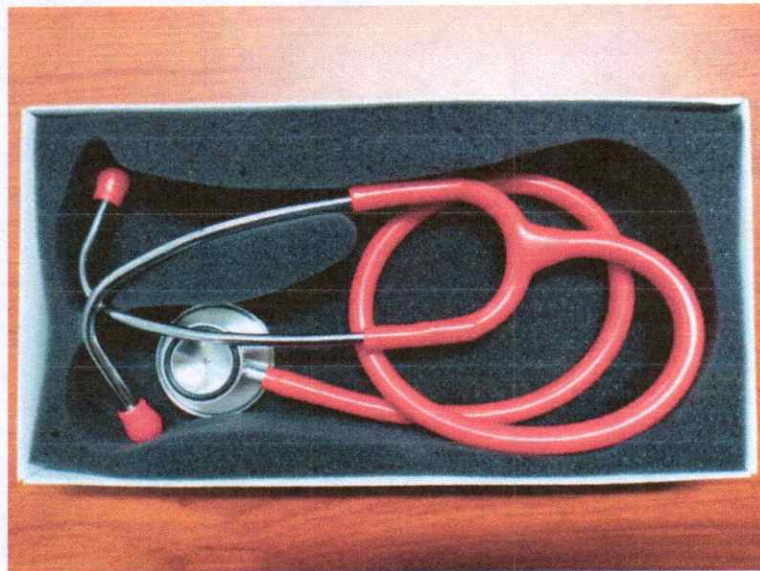


Figura 7. Estetoscopio manual
Fuente: [El Autor]

7.1.1.2.4. *Otoscopio*

El otoscopio permite la visualización y sondeo particularmente de la cavidad interna del oído, gracias al haz de luz que proyecta a través del canal auditivo; y particularmente el otoscopio de la figura 8, permite la visualización por imágenes en una App en la Tablet, para el sistema de Telemedicina.



Figura 8. Otoscopio
Fuente: [El Autor]

7.1.1.2.5. Termómetro digital infrarrojo

El termómetro es el instrumento que mide temperatura sobre objeto o parte de un cuerpo o su superficie. En su versión digital, el termómetro de la figura 9 no es de contacto, sino que actúa por medio de señales infrarrojas capta la energía emitida por un cuerpo u objeto y su circuito de conversión convierte la señal a la entrada para digitalizarla en una pantalla LCD.



Figura 9. Termómetro digital infrarrojo
Fuente: [El Autor]

7.1.1.2.6. Balanza digital y cinta métrica

La balanza es una herramienta necesaria para el monitoreo de masas y determinación de Índice de Masa Corporal (IMC), teniendo en cuenta la medición de estatura con la cinta métrica. La balanza se energiza con una batería de litio de 3 V. En la figura 10 se muestra estas dos herramientas.



Figura 10. Balanza digital y cinta métrica
Fuente: [El Autor]

7.1.1.2.7. Set quirúrgico

El kit quirúrgico de la figura 11, está conformado por un grupo de herramientas médicas necesarias para el tratamiento de cirugías y sutura, incisiones y tratamiento de heridas. Dentro de esta se puede encontrar tijeras, pinzas, cuchillas, agujas y bolsas con gazas, hilos de sutura y guantes.



Figura 11. Set de herramientas quirúrgicas

Fuente: [El Autor]

7.1.1.3. Dispositivo de comunicación y telemedicina

Como se describió anteriormente, en el Departamento de Sucre existen zonas con difícil acceso a la hora de atender situaciones o eventos de menor prioridad en cuestiones de atención de primer nivel de salud. Es por esto que, el presente desarrollo tecnológico presenta la unión entre una herramienta para prevención en salud (maleta médica solar) y un mecanismo de comunicación para interconectar la base del centro de operaciones médicas con el lugar de intervención.

7.1.1.3.1. Tableta de telemedicina

Una Tablet, o tableta, es un dispositivo electrónico de múltiples funcionalidades gracias a un software completo y amplia gama de aplicaciones, entre las cuales se ha

desarrollado un aplicativo para este dispositivo que podrá almacenar datos e información relevante de los pacientes o usuarios de la maleta médica y el centro al que pertenece el profesional en ejercicio. Esto con el fin de rescatar la información y guardarla en la base de datos del aplicativo.



Figura 12. Tableta de telemedicina
Fuente: [El Autor]

Una de las ventajas de este dispositivo es que logra reunir diferentes métodos de conexión y multimedia, ya sea a través de bluetooth, Wi-Fi, fotografías o video.

A continuación, se presentan algunas características de la Tablet de la figura 12:

- Sistema Operativo: Android 6.0
- Velocidad CPU: 1.6 GHz
- Memoria RAM: 2 GB

- Memoria Interna: 32 GB
- Puerto externo MicroSD (hasta 200GB)
- Wi-Fi: 802.11 a/b/g/n/ac 2.4G+5GHz, VHT80
- Versión Bluetooth: Bluetooth v4.2
- Perfiles Bluetooth: A2DP, AVRCP, DI, HID, HOGP, HSP, OPP, PAN
- Capacidad: 7300 mAh

7.1.1.4. Estimación de Radiación Solar

En la presente sección se realizó una evaluación o estimación sobre el comportamiento de la radiación solar y el brillo solar presente en la región del Departamento de Sucre y la ciudad de Sincelejo, focos para las pruebas piloto del actual proyecto.

7.1.1.4.1. Radiación solar media horizontal

El Departamento de Sucre está situado al Norte de la Republica de Colombia y sus territorios hacen parte de la región de la llanura del Caribe. Sus coordenadas geográficas extremas van desde 08° 16' 28" y 10° 09' 34" de latitud Norte, hasta 74° 32' 05" y 75° 42' 55" de longitud Oeste. Sucre limita por el Norte y Este con el departamento de Bolívar, al Sur con los departamentos de Córdoba y Bolívar y al Oeste con el departamento de Córdoba y el mar Caribe. Tiene una extensión de 10.917 Km², ocupando el vigésimo séptimo (27) lugar en extensión a nivel nacional; lo cual representa el 0,95 % del territorio nacional (Martínez, 2018).

La capital del Departamento de Sucre es la ciudad de Sincelejo. Esta limita al Sur con el municipio de Sampués y con el Departamento de Córdoba; al Oeste con los

municipios de Palmito y Tolú; al Norte con los municipios de Tolú y Tolviejo y al Este con los municipios de Corozal y Morroa. Tiene una extensión geográfica total de 28.410,31 Km², con una altitud de 213 m.s.n.m. Y sus coordenadas son 9° 17' 58" latitud Norte y 75° 23' 45" longitud Oeste (Alcaldía de Sincelejo, 2016).

El clima en Sincelejo es cálido seco, con una precipitación promedio de 500 a 1200 milímetros; la formación vegetal de acuerdo con Holdridge es el bosque seco tropical. La temperatura media anual está cercana a los 27,15°C; con una mínima promedio anual de 19,7°C y una máxima de 35,3°C (Alcaldía de Sincelejo, 2016).

Ahora bien, de acuerdo a la figura 13, para el Departamento de Sucre se estima una irradiación global horizontal media diaria comprendida entre 4,0 y 5,0 KWh/m². Mientras que específicamente en el área geográfica de la ciudad de Sincelejo, se estima una irradiación global horizontal media diaria comprendida entre 4,0 y 4,5 KWh/m². Lo que indica un valor aceptable de irradiación para el dimensionado de un sistema de generación de energía eléctrica solar.

Asimismo, la figura 14 nos indica que los meses del año con mejor radiación global son febrero, enero, marzo, julio, junio y agosto; concluyendo que el primer trimestre del año se presenta una radiación global entre 4,7 y 4,9 KWh/m², considerándose la mejor del año para el aprovechamiento de generación de energía solar fotovoltaica.

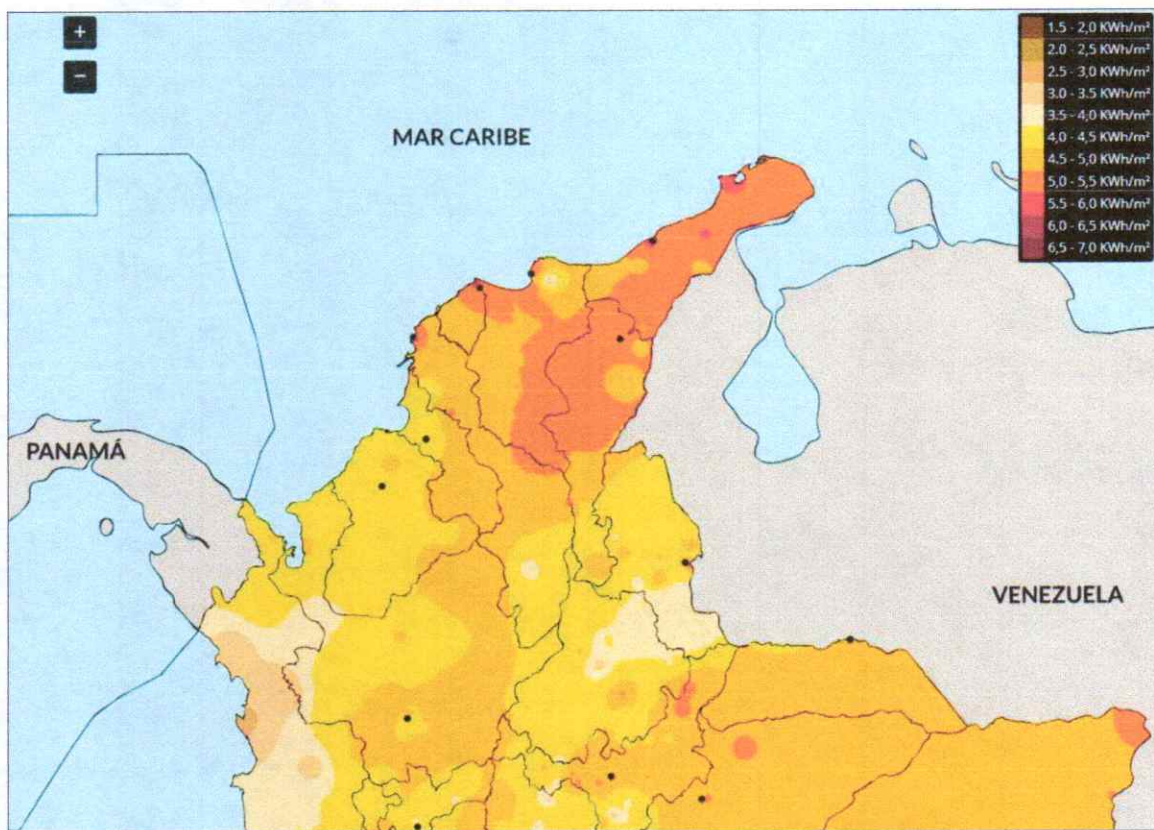


Figura 13. Irradiación global horizontal media diaria de la Región Caribe colombiana
Fuente: [IDEAM, 2015]

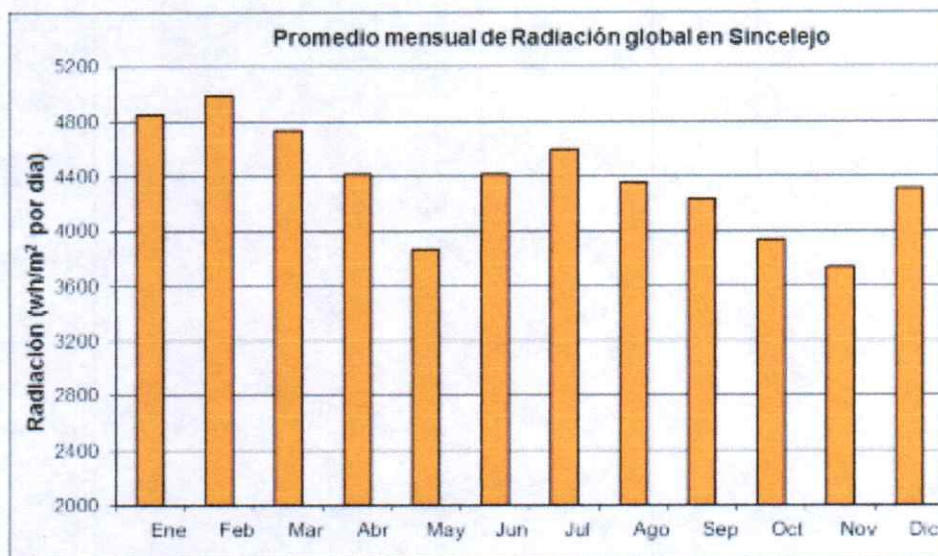


Figura 14. Irradiación global horizontal media mensual en Sincelajo
Fuente: [IDEAM, 2015]

7.1.1.4.2. Brillo solar

En la medición de la insolación o brillo solar se utiliza generalmente el heliógrafo de Campbell Stokes, el cual es un instrumento relativamente sencillo, que detecta la luz solar cuando la energía de los rayos solares, concentrada mediante una lente, quema una cartulina especial. Este instrumento registrador proporciona las horas de Sol efectivo en el día (insolación o brillo solar) asociadas a los periodos de tiempo de radiación solar directa que superan un valor mínimo. La duración de la insolación correspondiente a un período determinado se define como la suma de los subperíodos durante los cuales la irradiancia solar directa rebasa los 120 W/m^2 . El heliógrafo opera focalizando la radiación solar mediante una esfera de vidrio a manera de lente convergente, en una cinta con escala de horas (ver figura 15), que, como resultado de la exposición a la radiación solar directa, se quema formando líneas, cuya longitud determina el número de horas de brillo del Sol (IDEAM, 2015).

La magnitud física de la duración del brillo solar o insolación es el tiempo. La unidad que se emplea generalmente es la hora. Con fines climatológicos, se utilizan expresiones tales como: “*horas de Sol al día*”, “*horas de Sol efectivo en el día*” u “*horas de insolación diaria*”. También se hace referencia a la duración de la insolación extraterrestre posible o a la duración de la insolación máxima posible (S_{do} y S_{dmax} , respectivamente) (IDEAM, 2015).



Figura 15. Heliógrafo de CAMPBELL-STOKES
Fuente: [IDEAM, 2015]

Para el caso de la Región Caribe, y específicamente el Departamento de Sucre y el municipio de Sincelejo, el mapa de brillo solar que proporciona el IDEAM se muestra en la figura 16.

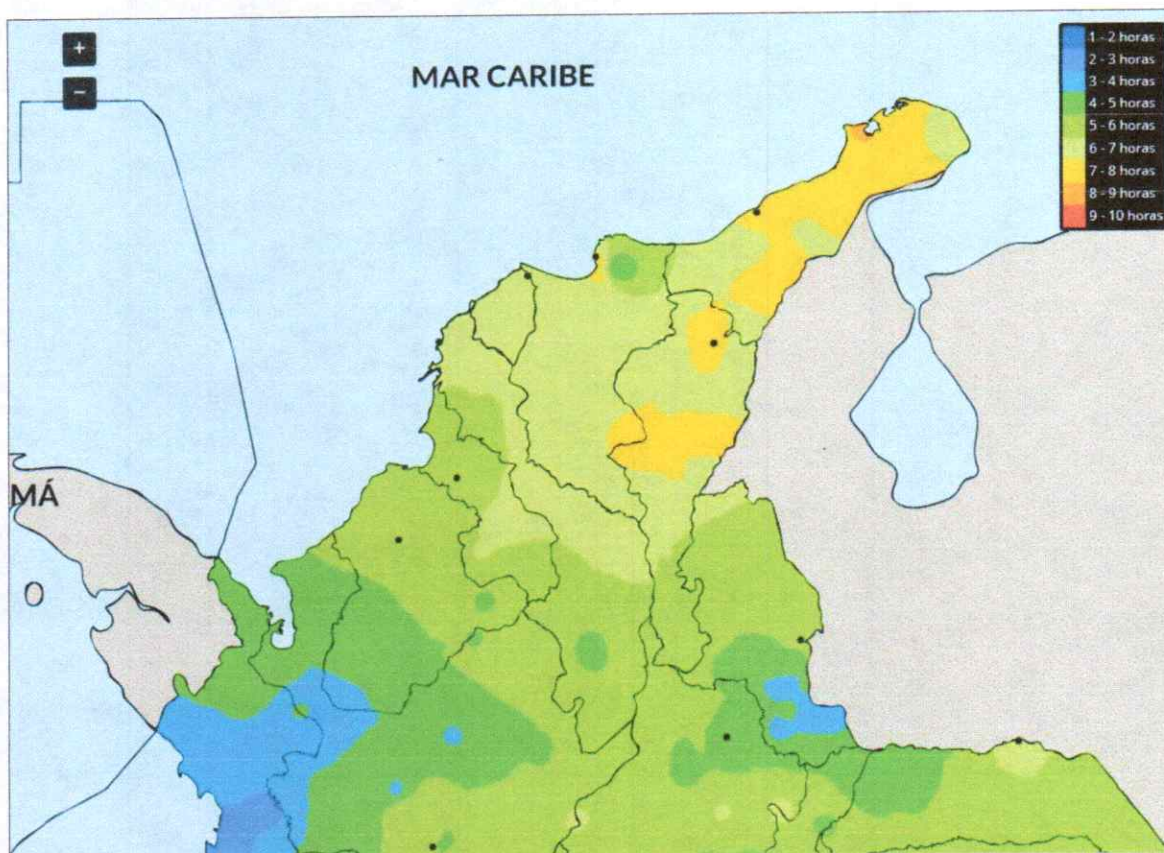


Figura 16. Distribución del Brillo Solar medio diario en la Región Caribe colombiana
Fuente: [IDEAM, 2015]

De acuerdo a la figura 16, el mapa muestra un promedio de horas de sol al día comprendido entre 5 y 8 horas, sin embargo, esto es relativo, ya que la superficie terrestre de esta región varía a lo largo del territorio. En el Departamento de Sucre se calcula un brillo solar de 5 a 7 horas anual. Mientras que para el municipio de Sincelejo el promedio anual es de 5 a 6 horas. Siendo el mes de enero quien ocupa la mayor incidencia de Brillo Solar en el año (235 horas) y el trimestre diciembre, enero y febrero el de mejor comportamiento para producción de energía solar, según el diagrama de Brillo Solar del IDEAM de la figura 17.

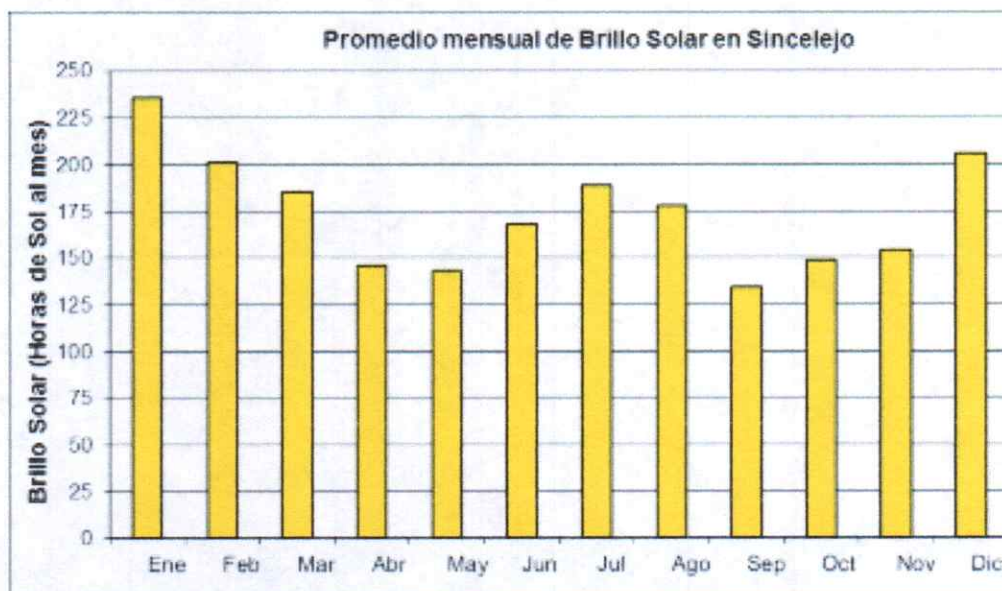


Figura 17. Promedio de Brillo Solar mensual en Sincelejo

Fuente: [IDEAM, 2015]

7.1.1.5. Marco Legal

Como último requerimiento, fue necesaria la descripción y documentación bibliográfica del Marco Legal del proyecto que implica la normatividad y leyes vigentes que promueven el uso de tecnologías a favor del sector salud en Colombia y el derecho a servicios de telemedicina; para ello se realizó un criterio de selección teniendo en cuenta los siguientes aspectos legales de la Constitución Política de Colombia, leyes, decretos, resoluciones y sentencias a favor de estos derechos.

Los documentos recopilados se organizaron con la ayuda de una matriz bibliográfica como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2.

Matriz bibliográfica del marco legal sobre telemedicina y salud en Colombia

TÍTULO	AUTOR	PUBLICADO POR	AÑO
LEY NÚMERO 1122 DE 2007	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	2007
Ley 1151 de 2007- Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	2007
LEY 1419 DE 2010	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	2010
Avances y barreras de la telemedicina en Colombia	Ana María Correa-Díaz	REVISTA DE LA FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS POLÍTICAS – UPB	2017
Telemedicina en Colombia: desafíos del derecho y la medicina en la actualidad	María Camila Álzate Castrillón	Justicia y Derecho ISSN 2323-0533 Volumen 5	2017
Ley 9 de 1979	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	1979
Decreto 4725 de 2005	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	2005
LEY 100 DE 1993	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	1993
Resolución 434 de 2001	MINISTERIO DE SALUD	MINISTERIO DE SALUD	2001
LEY 711 DE 2001	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	2001
Ley 715 de Diciembre 21 de 2001	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	2001
Decreto 919 de 2004	MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL	MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL	2004
Resolución 2263 de 2004	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	2004
Resolución 3924 de 2005	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	2005
Decreto 4725 de 2005	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	2005

TÍTULO	AUTOR	PUBLICADO POR	AÑO
DECRETO 2200 DE 2005	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	2005
RESOLUCIÓN NÚMERO 1043 DE 2006	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	2006
DECRETO NUMERO 1011 DE 2006	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	2006
Ley 1122 de 2007	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	2007
Resolución 4002 de 2007	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	2007
Decreto 1030 de 2007	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	2007
Resolución 4396 de 2008	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	2008
Resolución 4816 de 2008	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	2008
Resolución 1319 de 2010	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL	2010
Resolución 723 de 2010	EL SECRETARIO DE DESPACHO DE LA SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD	EL SECRETARIO DE DESPACHO DE LA SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD	2010
Resolución 361 de 2011	MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL	MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL	2011
Ley 1751 de 2015	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	2015

Fuente: [El Autor]

Además de lo anterior, el Congreso de la República de Colombia en el año 2014 decretó la Ley 1715 por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional (Ver Marco Legal).

7.2. Resultados Fase 2

7.2.1. Resultados etapa II. Análisis técnico de los componentes operativos del sistema autosustentable de atención médica básica y el prototipo propuesto.

En todo sistema de energía renovable requiere un análisis de consumo y rendimiento energético, con el fin de proporcionar seguridad y optimizar el circuito para la reducción de costos y mejorar el rendimiento del sistema como lo es el caso de los dispositivos de la maleta antes mencionados, los cuales se dimensionan en relación a los datos de potencia real de todos los dispositivos en consumo.

De esta manera existen una serie de pasos que se deben seguir para un mejor dimensionamiento del sistema energético, los cuales son:

- 1) Primer paso:** Cálculo de consumo estimado
- 2) Segundo paso:** Radiación solar disponible
- 3) Tercer paso:** Cálculo de placas o paneles solares necesarios
- 4) Cuarto paso:** Capacidad de los acumuladores
- 5) Quinto paso:** Selección del regulador y del convertidor

7.2.1.1. Dimensionado autónomo del sistema fotovoltaico

7.2.1.1.1. Cálculo de consumo estimado

En la tabla 3 se muestran los dispositivos electrónicos que consumen energía de un sistema de carga o alimentación con sus respectivos datos de consumo de potencia, y la energía que consumirían en determinada hora.

Tabla 3.
Potencia y energía del sistema de cargas

Cargas	Cantidad	Potencia (W)	Uso diario (h)	Potencia máxima	Energía diaria (Wh)
Tablet	1	10	3	10	30
Monitor de presión sanguínea	1	3	3	3	9
Teléfono celular	2	10	1	20	40
Computador portátil	1	60	1	60	60
Otros	1	5	1	5	5
Total				98	144

Fuente: [El Autor]

De acuerdo a los datos arrojados en la tabla 3, luego de haber realizado los cálculos de consumo de potencias de los dispositivos, se logró conocer el valor medio de la energía requerida para el sistema como se muestra en la Ecuación 1:

$$Wd = 144 \frac{Wh}{\text{día}} \text{ Ecu. (1)}$$

Asimismo, según la tabla 3 la potencia máxima del sistema es $P_{\text{máx}} = 98 \text{ W}$, por lo tanto, la tensión nominal establecida para el sistema de baterías, según la tabla 4 es de 12V.

Tabla 4. Tensión nominal del sistema en función de la potencia

Potencia	Tensión nominal
$P \leq 800$	12V
$800W < P \leq 1600W$	24V
$1600W < P \leq 3200W$	48V
$P > 3200W$	120 ó 300 V

Fuente: [El Autor]

7.2.1.1.2. Radiación solar disponible

En este paso del dimensionado, se utilizan graficas o tablas de estimaciones de radiación establecidas de acuerdo al lugar en estudio. En el caso de Sincelejo, en el departamento de Sucre, se tomó esta ciudad para las pruebas iniciales. En la figura 14, se muestra el grafico de irradiación global horizontal media mensual en Sincelejo. Teniendo en cuenta el mes más desfavorable de radiación, observamos que es en noviembre con 3.70 kWh·m²/día. De forma se dimensiona la instalación para las condiciones mensuales más desfavorables de insolación, y así se asegura que cubra la demanda durante el año en sus periodos críticos.

- Latitud Sincelejo $\varphi = 9,299^\circ$
- Orientación $\alpha = 0^\circ$
- Inclinación $\beta = 15^\circ$
- Constante de diseño $K = 1$
- Factor de sombreado $FS = 1$ (sin sombras)
- Gdm (0) Sincelejo = 3,7 kWh/(m².día) – Noviembre
- Inclinación óptima (noviembre):

$$\beta_{opt} = \varphi - 20 \text{ Ecu. (2)}$$

$$\beta_{opt} = 9,299 - 20$$

$$\beta_{opt} = -10,701$$

$$\beta_{opt} \approx -11$$

$$FI = 1 - [1.2 * 10^{-4}(\beta - \beta_{opt})^2] \text{ Ecu. (3)}$$

$$FI = 1 - [1.2 * 10^{-4}(15 + 11)^2]$$

$$FI = 091888$$

$$FI \approx 0.92$$

Luego, con estos factores el valor medio mensual de irradiación global diaria sobre la superficie del generador se determina mediante la ecuación 4:

$$Gdm(\alpha, \beta) = Gdm(0). K. FI. FS \text{ Ecu. (4)}$$

$$Gdm(\alpha, \beta) = 3.7 * 0.92 * 1 * 1$$

$$Gdm(\alpha, \beta) = 3.404 \text{ kWh/m}^2$$

$$Gdm(\alpha, \beta) = 3404 \text{ Wh/m}^2$$

7.2.1.1.3. Cálculo de placas y módulos solares

Se tienen en cuenta los siguientes datos:

- **Wd = 144**
- **G_{CEM} = 1000**
- **Gdm (α, β) = 3404**
- **Performance Ratio (PR) = 0.6** (para sistemas con inversor y regulador)

$$PGmin = \frac{Wd * G_{CEM}}{Gdm(\alpha, \beta) * PR} \text{ Ecu. (5)}$$

$$PGmin = \frac{144 * 1000}{3404 * 0.6}$$

$$PGmin = 70.5052879 \text{ W}$$

$$PGmin \approx 70.5 \text{ W}$$

- **Numero de módulos:**

$$N_p = \frac{PG_{min}}{P_{max}} \text{ Ecu. (6)}$$

$$N_p = \frac{70.5}{98}$$

$$N_p = 0.719387$$

$$N_p \approx 1 \text{ módulo}$$

Por lo tanto, luego de los cálculos realizados, se necesitará un módulo de 71 W que logre generar 12 V.

7.2.1.1.4. Capacidad de acumuladores

El sistema de acumuladores o baterías viene dado por la tensión nominal del sistema y la potencia máxima arrojada en la tabla 3.

- **Un = 12V**
- **Wd = 144 Wh**

$$Qd = \frac{Wd}{Un} \text{ Ecu. (7)}$$

$$Qd = \frac{144 \text{ Wh}}{12V}$$

$$Qd = 12 \text{ Ah/Día}$$

Además, deberá ser el doble en potencia para garantizar la durabilidad de las conexiones en funcionamiento, es decir:

$$\text{Capacidad} = \text{potencia de aculadores} \times 2$$

- **Autonomía (A) = 1 día**
- **Profundidad máxima de descarga (Pdmax) = 70%**
- **Rendimiento inversor: $\eta_{inv} = 85\%$**
- **Rendimiento regulador de batería: $\eta_{rb} = 80\%$**

- **Capacidad total del sistema:**

$$C_n = \frac{Qd * A}{PD_{max} * \eta_{inv} * \eta_{rb}} \quad \text{Ecu. (8)}$$

$$C_n = \frac{12 * 1}{0.7 * 0.85 * 0.8}$$

$$C_n = \frac{12}{0.476}$$

$$C_n = 25.21 \text{ Ah}$$

- **Número de baterías:**

- $U_n = 12V$

- $U_b = 2V$

$$N_{bs} = \frac{U_n}{U_b} \quad \text{Ecu. (9)}$$

$$N_{bs} = \frac{12}{2}$$

$$N_{bs} = 6 \text{ baterías}$$

El sistema estará compuesto de un banco de baterías de 6 celdas. En la sección del banco de baterías del documento, se detalla esta configuración.

7.2.1.1.5. Selección del regulador e inversor

- **Dimensionado del regulador de carga:**
- **Tensión nominal:**

$$U_n = 12V$$

- **Intensidad de corto circuito:**

$$I_{sc} = 4.65A \text{ (nominal)}$$

$$I_{GSC} = N_p \cdot I_{sc} \text{ Ecu. (10)}$$

$$I_{GSC} = 1 * 4.65$$

$$I_{GSC} = 4.65A$$

- **Intensidad nominal en CEM:**

$$I_R = 1.25 * I_{GSC} \text{ Ecu. (11)}$$

$$I_R = 1.25 * 4.65$$

$$I_R = 5.8125 A$$

- **Tensión máxima de entrada:**

$$U_R \geq U_{Goc} = U_{Goc} + \beta(T - 25) \text{ Ecu. (12)}$$

$$U_R = 43 + (-0.158) * (-10 - 25)$$

$$U_R = 48.53 V$$

- **Dimensionado del inversor:**

$$P_{max} = P_{m\acute{a}x} + 110 \text{ Ecu. (13)}$$

$$P_{max} = 98 + 110$$

$$P_{max} = 208 W$$

7.2.1.2. Selección de los dispositivos

Luego de haber realizado el debido dimensionamiento, se obtienen los dispositivos en el mercado electrónico de acuerdo a las características técnicas de cada uno. Sin embargo, algunos dispositivos no lograron conseguirse con las características dadas en el dimensionado (Revisar el apartado de RECOMENDACIONES).

Estos dispositivos se describen a continuación:

7.2.1.2.1. Panel solar

El panel solar, también conocido como panel fotovoltaico o módulo solar, es el dispositivo que actúa como transductor de energía solar a energía eléctrica variable, puesto que capta la radiación solar gracias a la unión de partículas de silicio (Si), el cual es un elemento químico semiconductor que es capaz de transportar energía eléctrica y conforma las células del módulo. También se le puede llamar módulo solar. Debe ser instalado o expuesto a la intemperie para aprovechar los rayos del sol.

Al principio, se habían realizados pruebas experimentales con un módulo monocristalino flexible de 100 W (Ver figura 19), pero fue reemplazado por el panel de la figura 18, con el cual opera el sistema, el cual posee las siguientes características técnicas:

- Marca: INTI Solar
- Tecnología: policristalino
- Potencia máxima (P_{máx}): 5 W
- Tolerancia de producción: ± 3 %
- Corriente de potencia máxima (I_{mp}): 0.27 A
- Voltaje de potencia máxima (V_{mp}): 18.36 V
- Corriente de corto circuito (I_{sc}): 0.29 A
- Voltaje de circuito abierto (V_{oc}): 22 V
- AM (CEM): 1.5
- Temperatura (T_c): 25°C
- Energía ϵ : 1000 W/m²

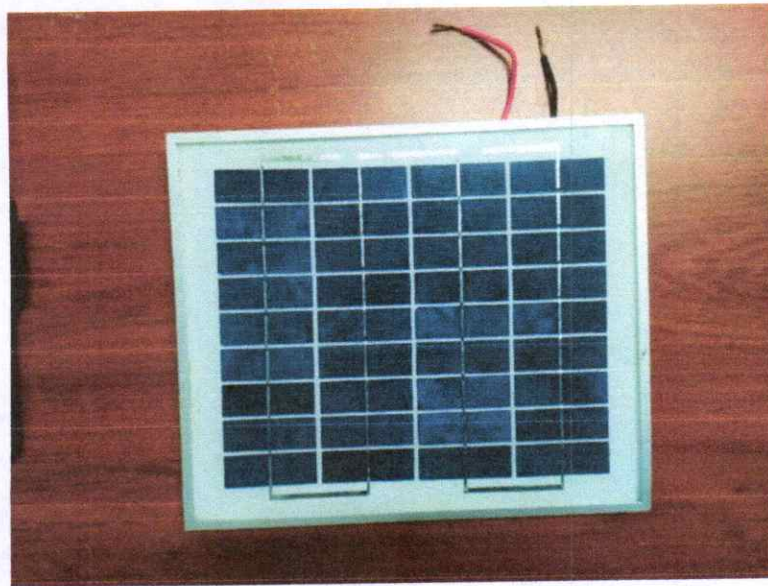


Figura 18. Modulo solar

Fuente: [El Autor]

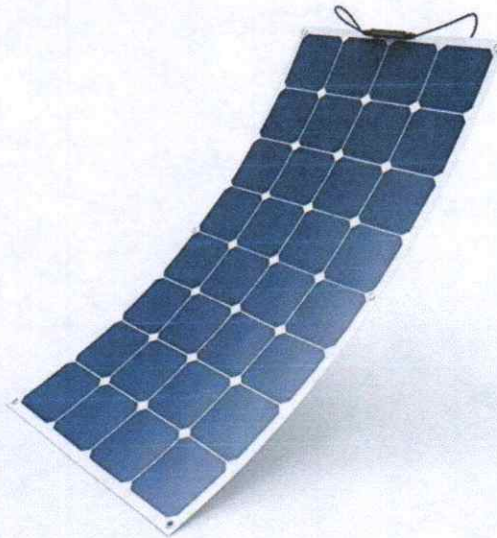


Figura 19. Módulo solar flexible

Fuente: [Izquierda, Mercado Libre Colombia, derecha: El Autor]

7.2.1.2.2. Controlador de voltaje

El controlador, también conocido como regulador de carga, es el dispositivo que controla o regula las tensiones provenientes del panel solar, ya que de este provienen armónicos que podrían saturar o sobrecargar las baterías de almacenamiento. La figura 20

muestra el regulador de carga que se utilizó en el presente proyecto, el cual posee las siguientes características técnicas:

- Controlador de gestión de carga PWM
- Voltaje nominal: 12V/24V
- Corriente nominal: 30 A
- Voltaje máximo PV: 50 V
- Máxima potencia de entrada PV: 390W (12V) /780W (24V)



Figura 20. Regulador de carga PWM
Fuente: [El Autor]

7.2.1.2.3. Inversor de voltaje

El inversor de tensión o inversor de voltaje se considera uno de los principales dispositivos para el manejo de las tensiones de corriente alterna (VAC) para energizar

aparatos que requieran corriente eléctrica en AC. La función principal de este dispositivo es invertir el voltaje de corriente directa (VDC) en voltaje de corriente alterna (VAC).



Figura 21. Inversor de tensión DC-AC
Fuente: [El Autor]

En la figura 21 se muestra el inversor DC a AC con el cual operará la maleta médica solar, la cual posee las siguientes características técnicas:

- Voltaje de salida: 110V/120V/220V/230V
- Voltaje de salida: 10-15V/20-30V/40-60V/50-75V/60-90V
- Voltaje nominal: 12V/24V/36V/48V/60V/72V
- Voltaje de apagado: $15.5 \pm 0.5V$ / $30 \pm 0.5V$ / $45 \pm 1V$ / $60 \pm 1V$ / $75 \pm 1V$ / $90 \pm 1V$
- Frecuencia e salida: $50Hz \pm 2Hz$ / $60Hz \pm 2Hz$
- Forma de onda de salida: onda sinusoidal modificada

7.2.1.2.4. Baterías de almacenamiento

Las baterías de almacenamiento constan de un banco de celdas conectadas en paralelo-serie. Son las encargadas de almacenar el voltaje que proviene del panel solar y que ha sido posteriormente regulado para finalmente ser almacenado. De esta manera, el banco de baterías está conformado por 4 celdas en paralelo de 2200 mA y 3.7 V, y estas a la vez están conectadas en serie acumulando un voltaje nominal de 14.8 V con una capacidad de 8800 mA (8.8 A).

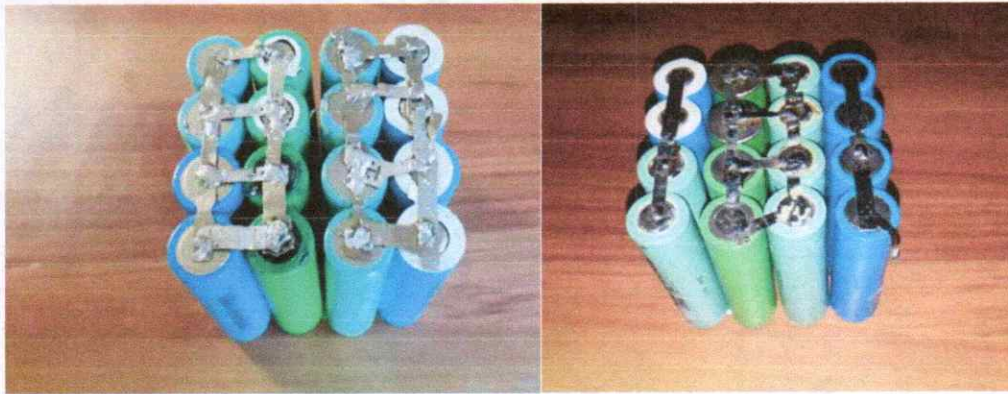


Figura 22. Banco de baterías

Fuente: [El Autor]

En la figura 22 se puede apreciar la configuración del banco de baterías, las cuales poseen las siguientes características:

- Configuración: 4p4s (4 celdas en paralelo, 4 bancos en serie)
- Voltaje nominal: 14.8 V
- Corriente nominal: 8.8 A (8800 mA)

7.2.2. Resultados etapa III. Diseño del prototipo de la maleta médica

7.2.2.1. Simulación y diagramación del sistema eléctrico

Para la tercera etapa del proyecto, habiendo obtenido y organizado las herramientas físicas antes mencionadas, se procedió a la simulación y trazo gráfico del sistema eléctrico que se muestra en el diagrama de la Figura 23.

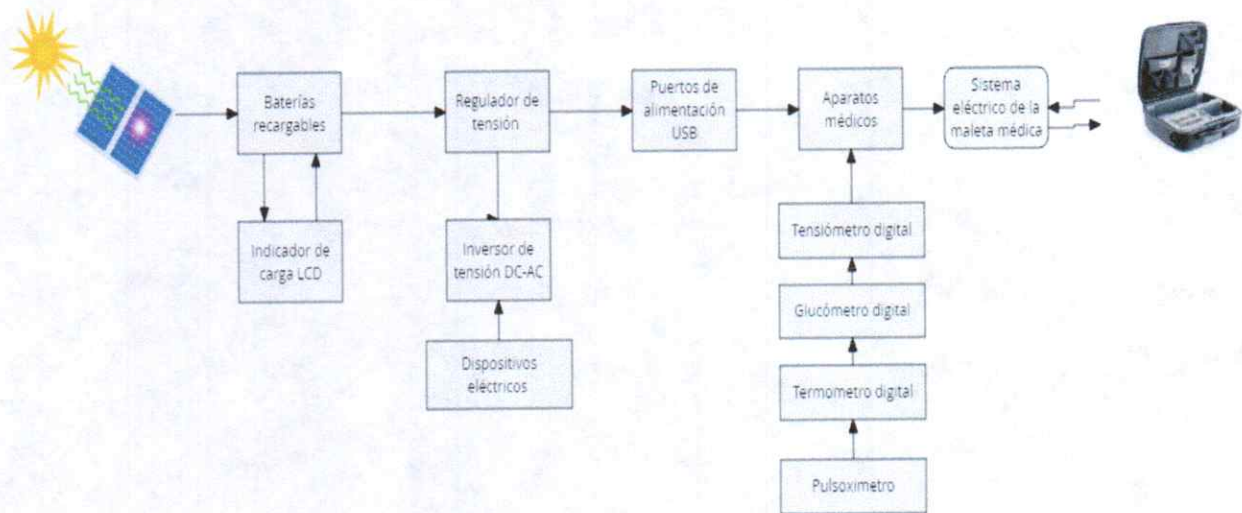


Figura 23. Diagrama de bloques del sistema eléctrico

Fuente: [El Autor]

En el diagrama de bloques de la figura 23 se puede comprender que la configuración del sistema eléctrico y de alimentación de los dispositivos médicos y/o electrónicos, va de la siguiente forma:

Panel solar → Regulador de carga → Banco de baterías → Inversor → Cargas

Las cargas que se mencionan representan los dispositivos o aparatos médicos y electrónicos que requieren ser recargados o energizados directamente del circuito de alimentación, a sea de los puertos DC o de la salida AC del inversor.

En la Figura 24 se muestra el esquema de conexiones eléctricas del sistema en el que se realizó la simulación del circuito eléctrico en el software Proteus 8.3 y que está conformado por el módulo fotovoltaico, la etapa de regulación de tensión, el banco de baterías, la etapa de inversión o conversión de corriente DC-AC y las cargas.

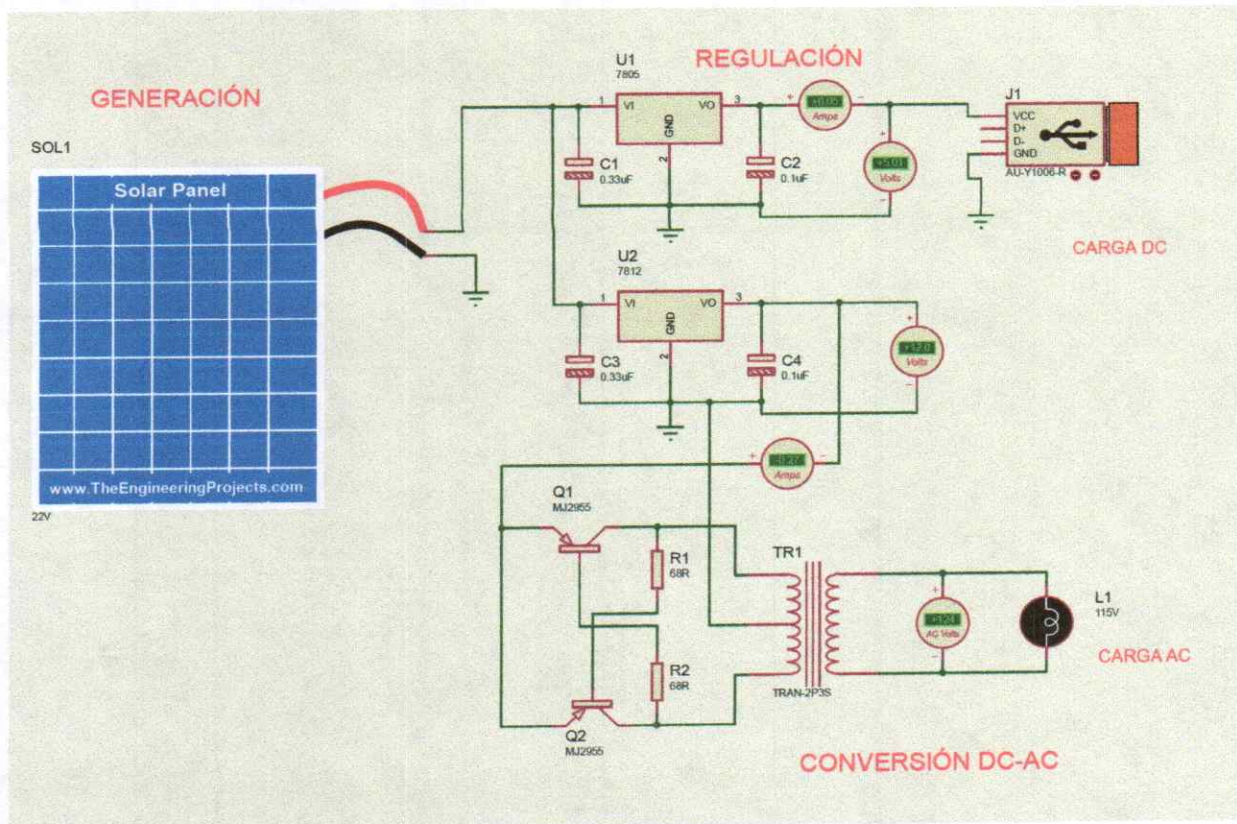


Figura 24. Esquema eléctrico
Fuente: [El Autor]

De la misma manera la imagen de la figura 25 es una representación esquemática del sistema eléctrico, puesto que muestra las conexiones de cómo realmente están configurados todos los dispositivos para que operen correctamente. Por ejemplo, en este caso en particular, el módulo solar va conectado a los puertos de entrada del controlador o regulador que están simbolizados con el logo de un panel solar, luego el banco de baterías en los puertos de carga del controlador, también simbolizados, al igual que los puertos de

salida de la carga. Aunque una de las mejores formas de aprovechar la carga de las baterías es conectar el inversor a la alimentación de las mismas.

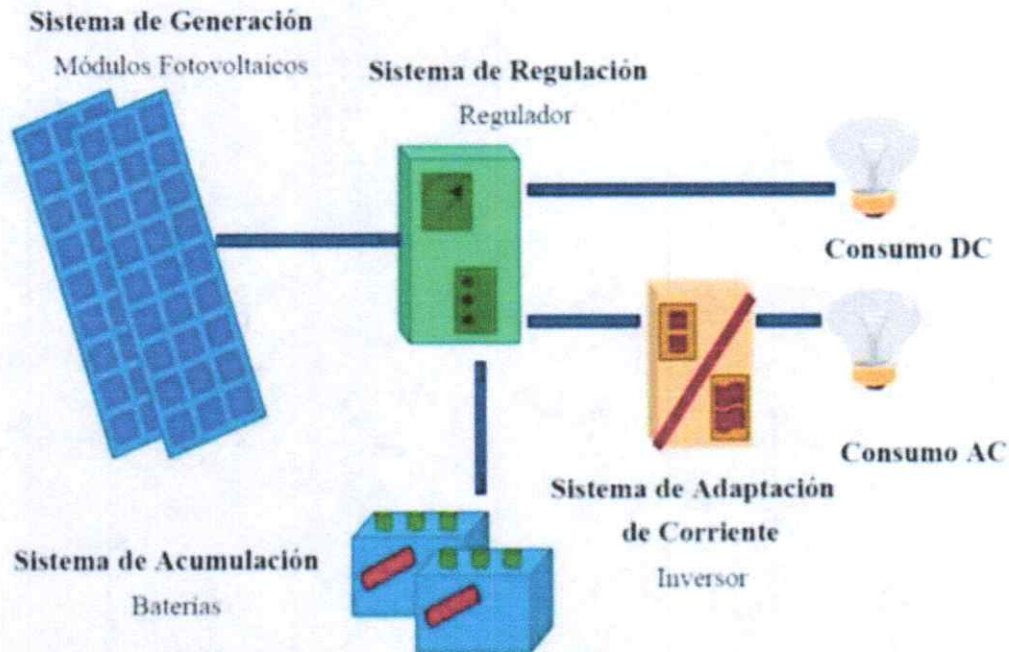


Figura 25. Esquema básico del sistema fotovoltaico

Fuente: [Sun Fields Europe, tomada de: <https://www.sfe-solar.com/71aterías-solares/manual-calculo/>]

7.2.2.2. Simulación, diseño y organización del prototipo

El concurrente apartado se basa en la consolidación de las partes físicas del prototipo de una maleta médica portátil. Para el diseño del prototipo se consideró realizar un bosquejo de las partes de la misma a través del software de simulación Sketchup, considerándolo como un modelo base para la obtención de la maleta. La figura 26 muestra este diseño.

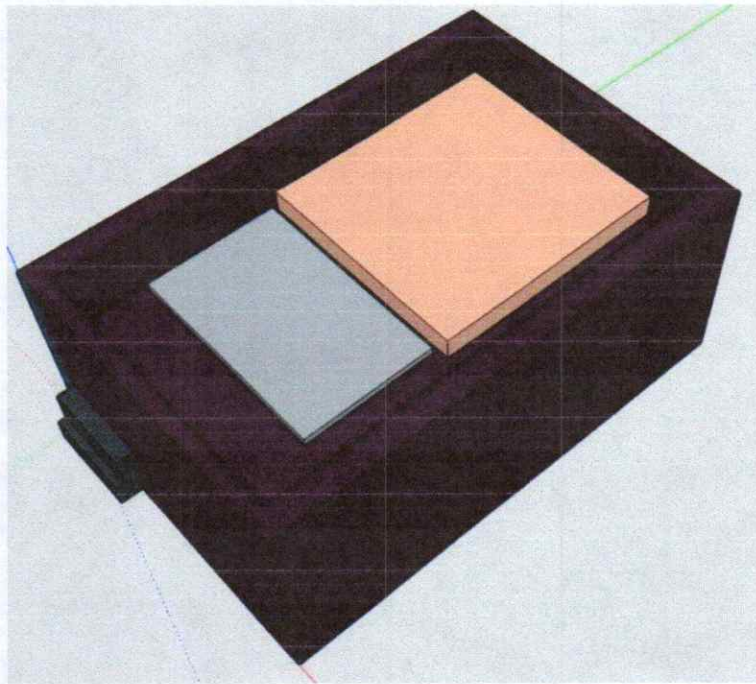


Figura 26. Modelo de la maleta médica
Fuente: [El Autor]

La simulación de la ubicación interna de los dispositivos del prototipo, se visualiza en la figura 27. Se puede notar que los dispositivos del sistema de carga se sitúan al fondo de la misma, mientras que el resto de los aparatos médicos se ubican en diferentes secciones internas de la maleta.

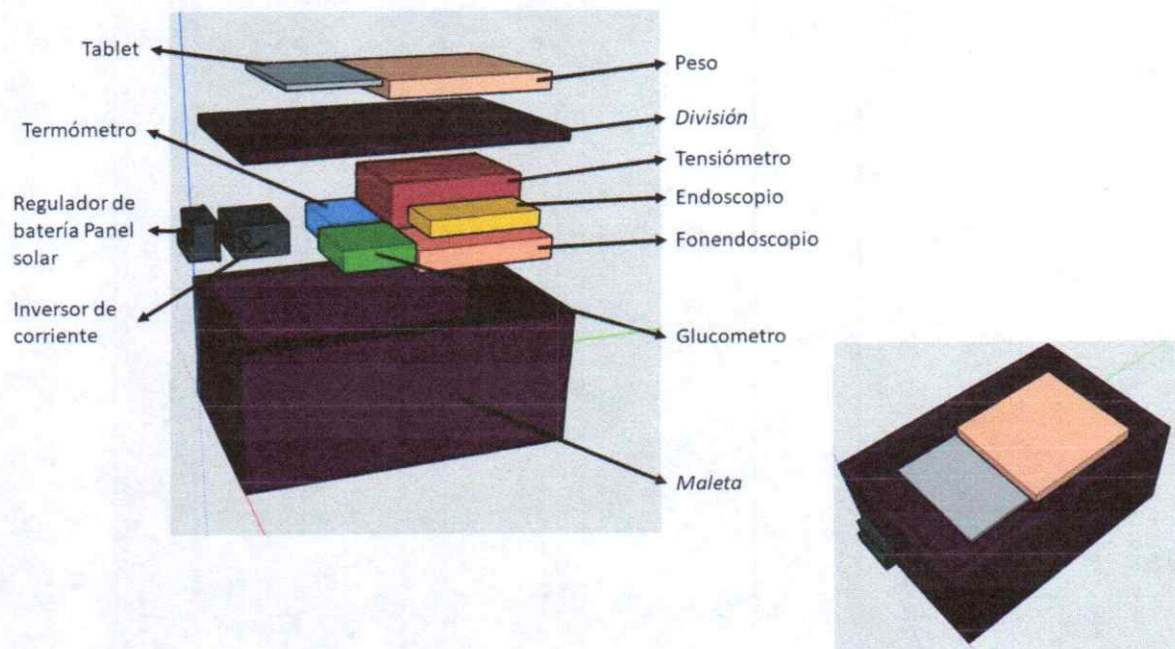


Figura 27. Bosquejo interno del prototipo de la maleta.
Fuente: [El Autor]

Para la organización de los dispositivos eléctricos, electrónicos y médicos se recurrió a la obtención de un prototipo resistible que está conformado por material en fibra y plástico resistente, y herméticamente protegido para la protección contra filtros de humedad, líquidos u objetos extraños. En la figura 28 se aprecia este prototipo de maleta.

7.3. Resultados Fase 3

La Fase tres del marco metodológico plantea la validación y pruebas de uso, portabilidad y funcionamiento del prototipo, las cuales fueron realizadas en un área abierta residencial y el campus universitario de la sede C de CORPOSUCRE. Estas pruebas permitieron conocer la funcionalidad del sistema eléctrico mientras era puesto en evaluación y si el rendimiento del mismo logró alcanzar la demanda permitida.

En la figura 30 se observa el sistema montado y los resultados obtenidos en un día común en el cual el sol emite radiación. Se logra apreciar que mediante pruebas con el voltímetro, el sistema dado en el orden mencionado: panel solar, regulador, acumuladores o baterías y el inversor, permite que se obtengan los resultados de voltaje y corriente. Para estos dos parámetros eléctricos se tiene que, el voltaje en el voltímetro es de 30.5 V, con una corriente fluctuante entre 180 y 270 mA.

De igual forma, en la figura 31 el inversor arroja una tensión relativa de entre 85 y 87 VAC, lo cual es suficiente como para encender un televisor LED, un ordenador portátil o de escritorio o el monitor de presión sanguínea, entre otros, la cual es transformada del banco de baterías que tiene un estado de 13.8 VDC .

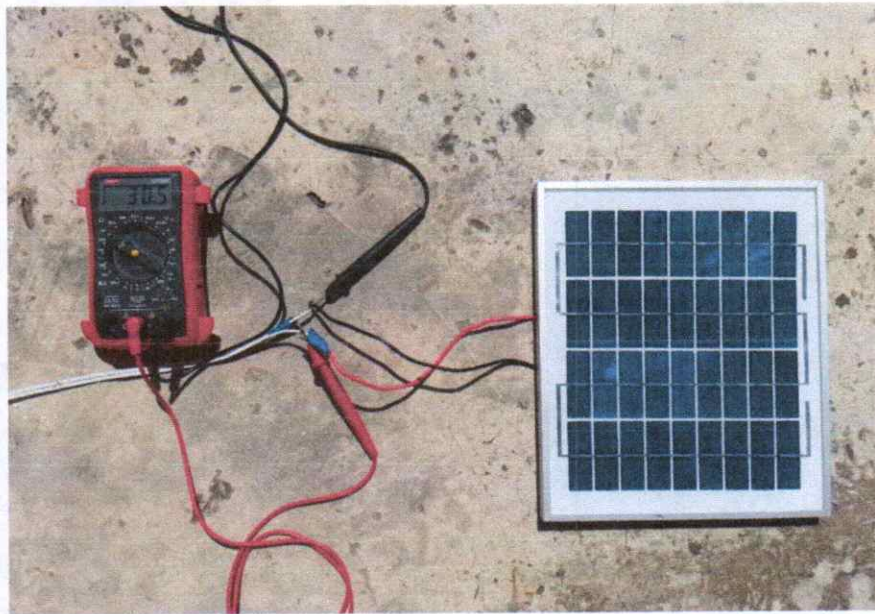


Figura 30. Módulo solar en prueba
Fuente: [El Autor]

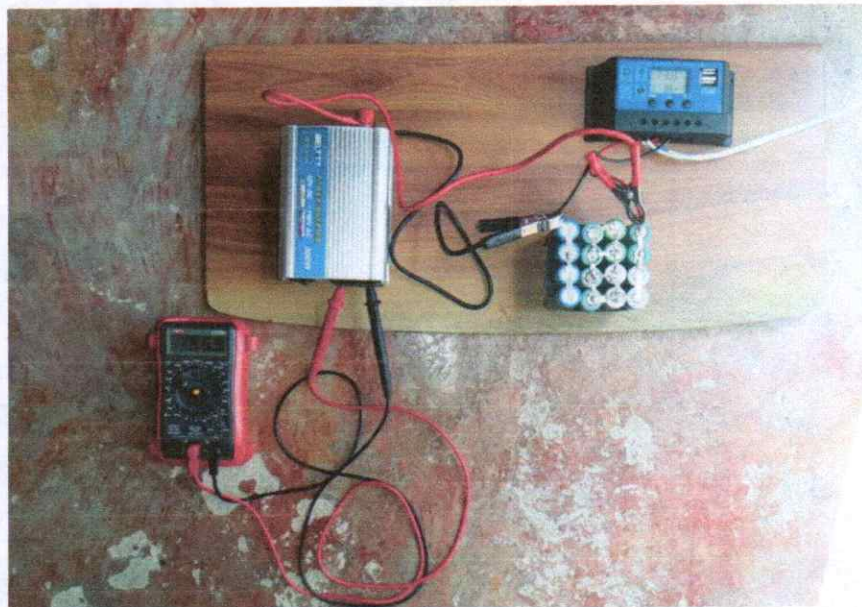


Figura 31. Regulador, inversor y baterías en prueba
Fuente: [El Autor]

Ahora bien, para determinar la durabilidad de carga y descarga de las baterías, así como los parámetros eléctricos de la señal de salida del inversor, se hizo un registro de parámetros como la temperatura del módulo expuesto al sol, tomada con un termómetro

infrarrojo, la hora del día, el voltaje del banco de baterías que arroja el regulador, el voltaje a la salida del inversor medido con el voltímetro, la frecuencia y el voltaje pico-pico tomados del osciloscopio. Las muestras se tomaron cada 15 minutos en un día parcialmente nublado. Los resultados se muestran en la tabla 5 y la figura 32 nos indica el contexto en el cual se realizaron las pruebas.

Tabla 5.

Muestras del rendimiento y funcionamiento del sistema fotovoltaico

Hora del día	Temperatura del módulo (°C)	Voltaje acumuladores (VDC)	Voltaje en el inversor (VAC)	Voltaje pico-pico en el inversor (Vpp)	Frecuencia (Hz)
12:00 pm	53	13.8	83.5	97.2	125
12:15 pm	51.5	13.8	84.0	97.2	120
12:30 pm	49.3	13.5	84.6	97.2	119
12:45 pm	53.6	13.5	84.9	97.2	127
13:00 pm	56.9	13.6	85.4	97.2	130
13:15 pm	56.9	13.6	85.9	97.2	127
13:30 pm	57.1	13.6	86.2	97.2	128
13:45 pm	49.2	13.4	87.0	97.2	126
14:00 pm	44.7	13.3	87.4	97.2	125.5

Fuente: [El Autor]



Figura 32. Pruebas realizadas en campo
Fuente: [El Autor]

En relación a los resultados observados en la tabla 5, se logró inferir que, en relación al voltaje AC medido a la salida del inversor, se acerca a los valores comúnmente conocidos, ya sea 100, 110, 115 ó 120 VAC. Como se muestra en la figura 33, se utilizó un termómetro infrarrojo para determinar la temperatura del módulo solar en operación.



Figura 33. Medición de temperatura el módulo solar en prueba
Fuente: [El Autor]

A la vez, cada 15 minutos se tomaban muestras de los valores de voltaje DC de la carga de las baterías y cuánto voltaje entregaba a la salida del inversor. En la figura 34 se muestra este proceso.



Figura 34. Medición con osciloscopio de VAC a la salida del inversor
Fuente: [El Autor]

En este caso el V_{pp} que muestra el osciloscopio es constante, como se aprecia en la tabla 5, mientras que los valores de frecuencia fluctúan por entre los 119 a 130 Hz. Este resultado se debe a las características del inversor de onda seno modificada, el cual busca invertir la señal de la onda de corriente continua que proviene del regulador a una señal de corriente alterna o sinusoidal, puesto que la señal que entra al inversor es una onda tipo cuadrada, como la mostrada en la figura 35 y 36, de ahí que el inversor tome el nombre de onda seno modificada. Esto nos indica que se pueden alimentar equipos eléctricos como televisores, equipos de sonido y otros aparatos de baja y media potencia.



Figura 35. Onda seno modificada de la señal de corriente alterna del inversor
Fuente: [El Autor]

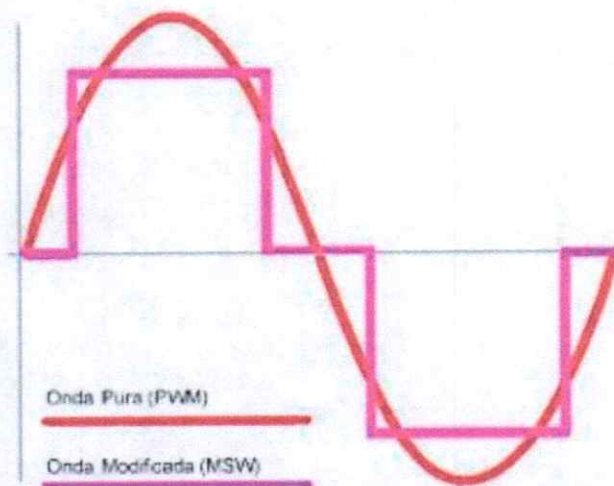


Figura 36. Diferencia entre una onda sinusoidal pura y onda sinusoidal modificada
Fuente: [Molina García & Melchor Hernández, 2016]

Finalmente, en la realización de pruebas con los dispositivos, se logró la utilización de los mismos cuando eran energizados del sistema fotovoltaico. En cuanto al estado de las baterías en uso, estas tuvieron una pequeña variación de descarga, como se aprecia en la figura 37.

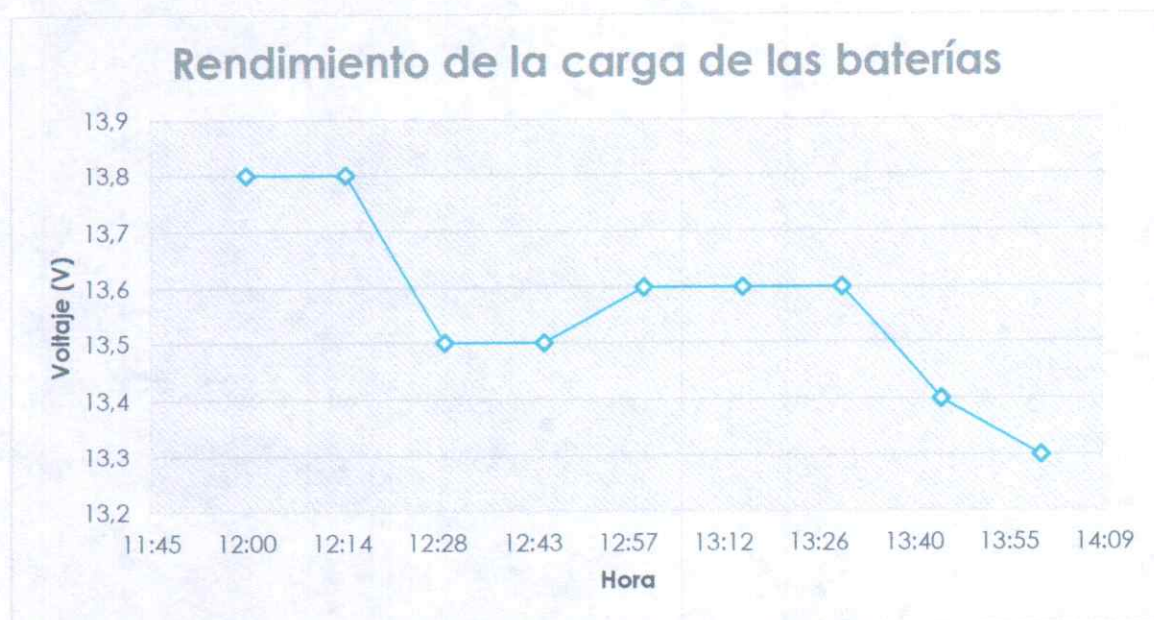


Figura 37. Rendimiento de la carga de las baterías
Fuente: [El Autor]

Los dispositivos que se utilizaron para las pruebas fueron un teléfono celular, una tablet y el monitor tensiómetro. En la figura 38 se pueden visualizar las pruebas hechas con los dispositivos electrónicos.



Figura 38. Pruebas con los dispositivos electrónicos y médicos

Fuente: [El Autor]

8. Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos en la presente investigación, demuestran la necesidad de optimizar los recursos para economizar costos sin bajar la eficiencia ni el rendimiento de los prototipos. Se busca, principalmente que todo sistema alcance los objetivos propuestos para el propósito general que se desea. De ahí que, en el diseño y organización del prototipo de la maleta médica solar logra cumplir un 75% de acuerdo a lo estipulado en el proyecto. En la tabla 6 se muestra un estimado de los logros alcanzados.

Tabla 6.

Estimado de objetivos alcanzados en el proyecto

Objetivos	Resultados	Logro (%)
Determinar los requerimientos técnicos y de usuario para la construcción de una maleta médica portátil autosustentable.	Requerimientos eléctricos y electrónicos	Logrado
	Requerimientos físicos	Logrado
	Requerimientos de radiación solar	Logrado
	Requerimientos bibliográficos de marco legal	Logrado
Analizar técnicamente los componentes operativos del sistema autosustentable de atención médica básica y el prototipo propuesto para brindar atención médica en zonas de difícil acceso.	<ul style="list-style-type: none"> • Corresponde al dimensionado eléctrico autónomo del sistema fotovoltaico. • Se obtuvieron resultados parciales. 	20 de 30
	<ul style="list-style-type: none"> • Corresponde a la organización, obtención de un modelo de maleta y ensamblaje de los dispositivos eléctricos del prototipo. • Se obtuvieron resultados parciales. 	20 de 30
Organizar la arquitectura física del prototipo de la maleta médica para uso en zonas de difícil acceso en el departamento de Sucre.	<ul style="list-style-type: none"> • Corresponde a la organización, obtención de un modelo de maleta y ensamblaje de los dispositivos eléctricos del prototipo. • Se obtuvieron resultados parciales. 	20 de 30

Objetivos	Resultados	Logro (%)
Validar mediante pruebas piloto el funcionamiento técnico del prototipo de la maleta médica para evaluación de la eficiencia energética en zonas de difícil acceso del departamento de Sucre.	<ul style="list-style-type: none"> • Corresponde a la validación, pruebas y ensayos de portabilidad, funcionamiento del sistema fotovoltaico del prototipo de la maleta médica solar. • Se obtuvieron resultados parciales. 	15 de 20

Fuente: [El Autor]

Ahora bien, en cuanto al desarrollo tecnológico de la maleta *We care solar suitcase*, esta ha alcanzado expansión en el mercado de países africanos donde existen zonas que urgen en la intervención de soluciones innovadoras y prácticas. Este prototipo desarrollado en Nigeria debido a las muertes de mujeres gestantes que al momento del parto fallecían por falta de asistencia médica inmediata y herramientas tecnológicas, como bombillas que iluminaran, en situaciones de parto por la noche.

En relación a este proyecto nigeriano existen muchas similitudes que van de la mano, empezando por el objetivo de paliar zonas afectadas por la falta de asistencia médica; el uso de tecnología fotovoltaica en lugares donde no existen redes eléctricas convencionales, para el uso de energización de aparatos eléctricos y electrónicos; además de la versatilidad de sus estructuras físicas: su fácil manejo y la portabilidad de ambas.

En cuanto a *Clinics on Wheels*, el componente de las energías renovables con el uso de paneles fotovoltaicos para energizar equipos médicos en un móvil, se relaciona ampliamente con la maleta médica solar. Los creadores, World Housing Solution, pensaron en unir el componente renovable junto con la idea de brindar ayuda en servicios médicos en zonas afectadas por desastres naturales en la isla de Puerto Rico – EE.UU.

Por otro lado, el proyecto de Pérez Martínez & Rodríguez Domínguez (2019) en un centro médico de Namibe, Angola presentan como propuesta la implementación de un sistema fotovoltaico para el centro médico, tomando en cuenta los manuales de información de instalaciones técnicas eléctricas y dimensionado autónomo. De esta forma, los resultados del presente proyecto, la maleta médica solar, también cuenta con dimensionado autónomo, sin embargo esta parte puede mejorarse para un trabajo futuro. Así, el desarrollo tecnológico de Cylá y Carricondo (2019) también muestra la relación entre tecnología fotovoltaica para el desarrollo de un sistema de monitoreo de electrocardiografía para deportistas de alta montaña, es decir que al igual que el presente proyecto cuenta con el componente de energías renovables y atención médica.

También el desarrollo de la unidad móvil portátil de odontología desarrollada por Celi & Trokhimtchouk en Loja, Ecuador le brindó a esta investigación el método para el diseño virtual del prototipo de la maleta médica solar, así como el diseño de manejabilidad para zonas rurales, aunque en este proyecto se adquirió el prototipo teniendo en cuenta características de protección contra golpes y resistencia a zonas rurales de difícil acceso.

Por último, la investigación de la Rotta Morales & Salazar Gómez, ayudó en la adquisición de equipos para telemedicina con el fin de salvar información de diagnósticos y los demás procesos médicos que se realizan con los implementos de medicina presentes en la maleta médica solar.

En cuanto a los beneficios de este proyecto se destacan las siguientes ventajas y características:

- Es un proyecto escalable, dado que permite crecimiento futuro sin grandes modificaciones en su estructura física y funcional.

- Es adaptable porque permite anexar mejoras y nuevas tecnologías, en la parte eléctrica y electrónica, como la durabilidad de la fuente energética, mejorando así, la calidad de los servicios al momento de ser implementados.
- Es manejable, ya que se permite realizar fáciles mantenimientos si hubiese fallas.
- Es óptimo por trabajar con energías limpias y utilizarla para el consumo de los aparatos y dispositivos médicos, sin la necesidad de energía eléctrica convencional, prestando servicios en lugares arduos y complejos.
- Es preciso para las zonas rurales donde no hay presencia de hospitales ni sanatorios disponibles para los habitantes.
- Es un sistema amigable con el medio ambiente que colabora con el no deterioro de la capa de ozono.
- Es un sistema con larga vida útil por los dispositivos que utiliza, permitiendo un mayor aprovechamiento de la herramienta en diferentes zonas de difícil acceso nacional e internacional.

9. Conclusiones

Al finalizar el presente proyecto se pudo establecer, inicialmente, las ventajas y desventajas que existe entre un sistema de energía convencional y uno alternativo. Como bien sabemos, la energía que usualmente se consume en los hogares y las industrias proviene de la generación de electricidad por medio de hidroeléctricas, en su gran mayoría, aunque también se emplean termoeléctricas, y combustibles fósiles. Esto representa altos costos en la producción y alta demanda de generación y distribución de energía. Sin embargo, al iniciar la revolución de las energías alternativas, actualmente notamos los grandes avances que se están logrando en aspectos como reducción de contaminación ambiental y calentamiento global, reducción de costos en el sistema energético, optimización del sistema energético autónomo y por supuesto, una respuesta eficaz y equilibrada a la demanda energética en su contexto residencial o bien sea industrial.

Además de esto, el uso de las tecnologías a favor de energías renovables, no solo ha beneficiado a los residentes de grandes ciudades o industrias, sino que también ha alcanzado las zonas rurales y de difícil acceso, permitiendo que existan mejoras en los sistemas de saneamiento básico, salud humana, educación, escolarización y prevención de enfermedades gracias a la implementación de estrategias que mitiguen problemas en relación a lo mencionado. Una de estas estrategias es la innovación tecnológica a favor de las poblaciones afectadas por el abandono social del Estado, o por condiciones ambientales y geográficas, la cual se llevó a cabo mediante el diseño de una Maleta médica portátil autosustentable con energía fotovoltaica para atención primaria de salud en zonas de difícil acceso en el Departamento de Sucre.

Ahora bien, luego de haber realizado las pruebas y el diseño en relación a los objetivos planteados, en torno a los aspectos técnicos de este proyecto se logró concluir lo siguiente:

✓ *En cuanto al sistema de acumuladores:*

- i) Usualmente en sistemas fotovoltaicos convencionales se utilizan baterías de carga profunda como las AGM, las de gel y otras, pero en este caso en particular se utilizaron baterías de litio recargables y a la vez reutilizables tomadas de módulos de carga de computadores portátiles. Estas poseen alta rapidez de carga, pero baja durabilidad de operación si la potencia de las mismas no sobrepasa en un porcentaje la potencia del inversor, si se utiliza; o en el caso de la potencia de la carga (los dispositivos). Esto es de notar ya que las pruebas en campo se verificó que, durante un periodo de dos horas de evaluación, las baterías se desgastaron cuando el panel estaba en modo de carga; esto teniendo en cuenta que se utilizaba el inversor, el cual también consume potencia.
- ii) En relación al ítem i), luego de realizar las pruebas de consumo y durabilidad, se encontró que el banco de baterías es de mejor rendimiento a la hora de emplearlas con dispositivos que se conectan en puertos DC, es decir sin invertir la carga a una señal AC.
- iii) El sistema opera correctamente, a pesar de que no es común el uso de baterías de litio recargables en sistemas fotovoltaicos.

- ✓ *En cuanto a los dispositivos médicos, estos logran cumplir con el cometido de suplir necesidades de atención y prevención de salud de primer nivel. Sumado a que algunos de estos fueron adquiridos en formato digital o electrónico, permitiendo de esta manera mejor exactitud y confiabilidad en las muestras o medidas tomadas, y algunos de estos utilizan carga eléctrica del sistema de la maleta.*
- ✓ *En cuanto a la autonomía del sistema energético, si cumple con lo establecido gracias a la implementación de un sistema fotovoltaico que sustenta la energía de las cargas y se constituye en una herramienta autosustentable capaz de recibir, consumir y entregar energía limpia, a pesar de que no se hizo uso de los dispositivos como lo indican las características técnicas de estos de acuerdo al dimensionado autónomo fotovoltaico que se realizó.*

10. Recomendaciones

Para el presente proyecto se plantean algunas recomendaciones que deben tenerse en cuenta para un trabajo futuro, las cuales se mencionan a continuación:

- 1) Se recomienda la creación de una App móvil que facilite la visualización de los resultados médicos en tiempo real.
- 2) Se recomienda optimizar el sistema eléctrico fotovoltaico de acuerdo al dimensionado autónomo, descrito en este mismo documento. Sin embargo, si al realizar cambios, ya sea añadiendo o modificando las cargas del sistema, se recomienda realizar un nuevo dimensionado.
- 3) Se recomienda realizar pruebas piloto o de campo para evaluar el rendimiento del producto final, en las zonas rurales de difícil acceso.

11. Referencias

- ABELLA, M. A. (2005) Sistemas fotovoltaicos. SAPT Publicaciones Técnicas, SL.,
- Alcaldía de Sincelejo. (2016). *Alcaldía de Sincelejo*. Recuperado el 14 de Agosto de 2019, de Información del Municipio: <http://www.alcaldiadesincelejo.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- América Fotovoltaica. (2014). *La guía solar*. Recuperado el 28 de Enero de 2019, de La guía solar: <http://www.laguiasolar.com/radiacion-solar-en-colombia/>
- COLCIENCIAS. (s.f.). *Tipología de proyectos calificados como de carácter científico, tecnológico e innovación* (Vol. 5). Colombia.
- Consejo Municipal de Colosó. (2016). *Plan de Desarrollo Municipal Colosó*. Alcaldía Municipal de Colosó, Colosó.
- Curiosoando. (3 de Julio de 2014). *Curiosoando*. Recuperado el 4 de Febrero de 2019, de ¿Qué es un inversor de voltaje?: <https://curiosoando.com/que-es-un-inversor-de-voltaje>
- Damia Solar. (2019). *Damia Solar*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2019, de Para que sirve y cómo se utiliza un regulador de carga: https://www.damiasolar.com/actualidad/prova/prova-8-cas_8_3
- Departamento Nacional de Planeación. (2014). *Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018: Todos por un nuevo país*. Gobierno Nacional, Bogotá DC. Recuperado el 4 de Febrero de 2019
- Departamento Nacional de Planeación. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, pacto por la equidad*. Bogotá, D.C.

- Dugdale, D., Zieve, D., & Conaway, B. (2019). *Medline Plus*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2019, de Medline Plus: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/007482.htm>
- EKUORE. (15 de Marzo de 2017). *EKUORE*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2019, de Estetoscopio, evolución y tipos de fonendoscopio: <https://www.ekuore.com/es/evolucion-tipos-fonendoscopio-estetoscopio/>
- Energía Solar. (13 de abril de 2017). *Energía Solar*. Recuperado el 4 de Febrero de 2019, de Panel solar: <https://solar-energia.net/definiciones/panel-solar.html>
- ExpoSolar Colombia. (2018). *ExpoSolar Colombia*. Recuperado el 28 de Enero de 2019, de La energía solar fotovoltaica al servicio de la salud en comunidades indígenas: <https://feriaexposolar.com/la-energia-solar-fotovoltaica-al->
- Figuroa, C. (26 de Junio de 2018). *La Prensa*. Recuperado el 28 de Enero de 2019, de Clínicas médicas móviles llegan a Vieques para atender pacientes tras los estragos de María: <https://laprensafl.com/2018/06/26/clinicas-medicas-moviles-llegan->
- GARCÍA, C.; DEL CISNE, J. (2016) Diseño e Innovación de una unidad odontológica portátil de atención básica para el área rural de la provincia de Loja.
- Globe Newswire. (9 de Mayo de 2018). *Globe Newswire*. Recuperado el 28 de Enero de 2019, de World Housing Solution lanza una nueva sucursal - Clínicas sobre ruedas - Implementación de clínicas portátiles de ayuda en Puerto Rico: <https://globenewswire.com/news-release/2018/05/09/1499790/0/en/World-Housing-Solution-Launches-New-Branch-Clinics-on-Wheels-Deploying-Portable-Relief-Clinics-to-Puerto-Rico.html>
- Gobierno Nacional - FARC-EP. (2016). *Acuerdo Final de Paz*. Gobierno Nacional, Cartagena.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México D.F.: McGRAW-HILL.

Hospital Sant Joan de Déus Barcelona. (2014). *Guía de diabetes*. Recuperado el 4 de Febrero de 2019, de Guía Diabetes: <https://diabetes.sjdhospitalbarcelona.org/es/diabetes-tipo-1/debut/es-glucometro-1/>

IDEAM. (Octubre de 2015). *Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ózono de Colombia*. Recuperado el 14 de Agosto de 2019, de IDEAM: <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Evaluacion-del-brillo-solar-en-Colombia.pdf>

LA ROTTA MORALES, F. E. (2006) Investigación y análisis del estado del arte para un futuro desarrollo e implementación de una estación portátil de telemedicina.

Martínez, A. (11 de Noviembre de 2018). *Toda Colombia*. Recuperado el 14 de Agosto de 2019, de Toda Colombia: <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/sucre/index.html>

Mercado Libre Colombia. (2018). *Mercado Libre Colombia*. Recuperado el 2019, de 100 w 12 v flexible panel ligero solar monocristalino para b: https://listado.mercadolibre.com.co/100-w-12-v-flexible-panel-ligero-solar-monocristalino-para-b_NoIndex_True?quantity=1

Ministerio de Salud y Protección Social. (2018). *Plan Nacional de Salud Rural*. Gobierno de Colombia, Bogotá DC.

Molina García, M., & Melchor Hernández, C. (2016). Prototipo de un Sistema Fotovoltaico Autónomo. *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería*, 3(8), 9-18. Recuperado el 13 de Diciembre de 2019, de http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Aplicaciones_de_la_Ingenieria/vol3num8/Revista_Aplicaciones_de_la_Ingenieria_V3_N8_2.pdf

- Morales, V. (1992). *Planeamiento y Análisis de Investigaciones* (Sexta ed.). Caracas: Ediciones Eldorado. Recuperado el 5 de noviembre de 2017
- Pardinas, E. (1991). *Metodología y técnicas de investigación en ciencias sociales* (32 ed.). México: Siglo Veintiuno. Recuperado el 5 de noviembre de 2017
- Pérez Martínez, M., & Rodríguez Domínguez, Y. (Enero- Marzo de 2019). Instalación de una Central Fotovoltaica en un Centro de Salud. *Pedagogía Profesional*, 17(1), 1-15. Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de <http://revistas.ucpejv.edu.cu/index.php/rPProf/article/view/749/1028>
- Pineda, E. B., de Alvarado, E., & de Canales, F. (1994). *Metodología de la investigación: manual para el desarrollo de personal en salud* (Segunda ed.). Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud - OMS.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2018). *Objetivos de Desarrollo Sostenible - Objetivo 3: Salud y bienestar*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2018, de *Objetivos de Desarrollo Sostenible - Objetivo 3: Salud y bienestar*: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-3-good-health-and-well-being.html>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). *Objetivos de Desarrollo Sostenible - Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante*. Recuperado el 15 de Abril de 2019, de *Objetivos de Desarrollo Sostenible - Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante*: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-7-affordable-and-clean-energy.html>
- República, C. d. (2019). Ley 1715 de 2014. Recuperado el 22 de Noviembre de 2019, de www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html

- Tamayo y Tamayo, M. (1999). *Aprender a investigar: Módulo 2 La investigación* (Tercera ed.). Bogotá, D.C.: Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior.
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica* (Cuarta ed.). México, D.F.: Editorial Limusa - Grupo Noriega.
- Universidad de Antioquia. (2007). *Centro Virtual de Noticias de Educación*. Recuperado el 28 de Enero de 2019, de Centro Virtual de Noticias de Educación: <https://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html>
- Urrejola, I. M. (29 de Mayo de 2015). *Teletrece*. Recuperado el 28 de Enero de 2019, de Teletrece: <http://www.t13.cl/noticia/mundo/tendencias/la-maleta-solar-que-salva-miles-de-vidas-en-africa>
- We Care Solar*. (2019). (MIGHTYminnow) Recuperado el 28 de Enero de 2019, de We Care Solar: <https://wecaresolar.org/>
- World Health Organization. (2008). *Atenção primária à saúde: mais necessária que nunca. The World Health Report 2008*. Geneva. Recuperado el 22 de Noviembre de 2019

12. Anexos

12.1. Anexo 1.

Entrevista para levantamiento de requerimientos médicos

Entrevista no estructurada aplicada al señor Gerardo Navarro Hoyos, director de la Cruz Roja seccional Sucre.

Preguntas:

1. **De acuerdo a los criterios médicos, ¿cuáles deberían ser los instrumentos médicos para atención de primer nivel y prevención en salud?**

Respuesta: Desde el punto de vista médico y de atención preventiva en salud, básicamente los instrumentos de primer nivel son los requeridos para glucometría, medición de pulsos cardiacos, toma de presión arterial y signos vitales. Entonces, allí teneos por ejemplo el glucómetro, el tensiómetro, un fonendoscopio y el pulsioxímetro.

2. **¿Qué buscan ustedes, los profesionales del área de la salud, con estas herramientas médicas?**

Respuesta: Bueno, como te mencioné anteriormente, nosotros los profesionales de la salud buscamos primeramente que el paciente tenga los signos vitales bien, responda a la presión arterial correctamente y que los niveles de azúcar en sangre sean los normales, por eso utilizamos estos aparataos que nos facilitan estos procesos y luego tomar los datos y dar recomendaciones

- 3. ¿Cómo cree usted que se podría brindar atención médica o prevención en salud a habitantes de zonas rurales y de difícil acceso?**

Respuesta: Bueno, principalmente entrando en contacto con los órganos administrativos de la zona, pueblo o vereda, es decir con la IPS del lugar o la alcaldía de ese lugar, y lo que se hace en esos casos es que se realizan campañas promotoras de salud, campañas preventivas, odontológicas, de saneamiento básico y se realizan protocolos como los que mencioné: toma de presión, glucometría en los pacientes diabéticos, etc.

- 4. ¿Cree usted que la tecnología podría solucionar en cierta medida las necesidades básicas de estas zonas?**

Respuesta: Por supuesto que sí. De hecho, algunos de los instrumentos médicos que utilizamos en la Cruz Roja son avanzados en tecnología y eso indica que facilitaría los procesos médicos con los pacientes o en zonas apartadas o rurales como las que mencionaron.

- 5. Los implementos médicos que me mencionó, ¿se podrían utilizar en formato electrónico o digital para los chequeos médicos? ¿por qué? ¿De qué forma?**

Respuesta: Sí, claro. Como te mencioné muchos de los dispositivos médicos de hoy día vienen de esa forma, por lo que a nosotros como responsables en salud debemos conocerlos y manejarlos. Y si, en forma digital creo que son más efectivos a la hora de visualizar los resultados numéricos que necesitamos saber.