

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO  
PARA LA DEMANDA ELÉCTRICA DE LA POSTA  
MEDICA, CENTRO POBLADO URAKUSA PROVINCIA  
CONDORCANQUI, AMAZONAS-PERÚ”**

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

**Autor (es) :**

**Bach. Edwin Antonio Ventura Vargas**

**Bach. Luis Beltrán Delgado Cotrina**

**Asesor :**

**Msc. Víctor Olger Llalla Vargas**

**JAÉN – PERÚ, JUNIO, 2020**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 19 de Mayo del año 2020, siendo las 09:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado de manera virtual

Presidente: **Mg. Ing. Jaime Odar Honorio Acosta**

Secretario: **Mg. Ing. Lenin Franchescoleth Núñez Pintado**

Vocal: **Dr. Deibi Eric García Campos**, para evaluar la Sustentación de:

- ( ) Trabajo de Investigación  
( X ) Tesis  
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA LA DEMANDA ELÉCTRICA DE LA POSTA MEDICA, CENTRO POBLADO URAKUSA PROVINCIA CONDORCANQUI, AMAZONAS-PERÚ**, presentado por los Bachilleres **Edwin Antonio Ventura Vargas** y **Luis Beltrán Delgado Cotrina** de la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

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

Con la siguiente mención:

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

Siendo las 10:10 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



Presidente



Secretario



Vocal

## **DEDICATORIA**

A Dios y a mi madre por permitirme seguir adelante y ser mi guía en mi vida.

**Delgado Cotrina Luis Beltran**

A Dios por darme salud y seguir adelante, a mi familia por acompañarme en toda mi carrera.

**Ventura Vargas Edwin Antonio**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la sabiduría de seguir adelante.

A mis familiares por todo su apoyo.

A nuestro asesor: Msc. Víctor Olger Llalla Vargas por guiarnos y asesorarnos en nuestra tesis.

## ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	4
2.1. Objetivo General .....	4
2.2. Objetivos Específicos .....	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	5
3.1. Ubicación geográfica.....	5
3.2. Tipo de investigación empleada.....	6
3.2.1. Línea de investigación.....	6
3.2.2. Diseño de la investigación.....	6
3.3. Definiciones teóricas para el proyecto .....	6
3.4. Componentes de un sistema fotovoltaico.....	11
3.5. Recolección de datos para el proyecto .....	14
3.5.1. Análisis de radiación solar para el proyecto.....	14
3.5.2. Demanda eléctrica para el proyecto .....	16
3.6. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico para el proyecto.....	18
3.6.1. Paneles o módulos fotovoltaicos .....	18
3.6.2. Reguladores o controladores de carga.....	21
3.6.3. Baterías o acumuladores.....	22
3.6.4. Inversores de corriente .....	24
3.6.5. Conductores eléctricos .....	25
3.6.6. Sistema de puesta a tierra .....	30
3.7. Evaluación Económica y Financiera .....	30
IV. RESULTADOS.....	33
4.1. Radiación solar del centro poblado Urakusa.....	33
4.2. Máxima demanda de la posta médica Urakusa .....	33
4.3. Componentes del sistema fotovoltaico propuesto .....	34
4.4. Presupuesto económico del proyecto .....	34
V. DISCUSIONES.....	36
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41
VIII. ANEXOS.....	46

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Emplazamiento de la localidad de Urakusa .....	5
Figura 2. Energía renovable.....	7
Figura 3. Central hidroeléctrica Cañón del Pato .....	8
Figura 4. Productos derivados del petróleo .....	8
Figura 5. Principio fotovoltaico.....	10
Figura 6. Radiación solar difusa, directa y albedo. ....	11
Figura 7. Panel solar policristalino ERA Solar de 330 W 24 V .....	19
Figura 8. Regulador Smart solar MPPT 250/ 100 A .....	22
Figura 9. Batería Ultracell Frontal 12 V 250 Ah.....	23
Figura 10. Inversor Victron Energy Phoenix 48V 3 000 VA.....	25
Figura 11. Conductores eléctricos THW-90.....	27
Figura 12. Radiación solar en la localidad de Urakusa .....	33

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Radiación solar de la localidad de Urakusa.....	15
<b>Tabla 2.</b> Cuadro de cargas eléctricas .....	16
<b>Tabla 3.</b> Tensiones referenciales según potencia. ....	18
<b>Tabla 4.</b> Caídas de tensión permitidas para cada tramo del sistema.....	27
<b>Tabla 5.</b> Conductores eléctricos para cada tramo del sistema. ....	29
<b>Tabla 6.</b> Comprobación de caídas de tensión .....	30
<b>Tabla 7.</b> Rentabilidad del proyecto.....	32
<b>Tabla 8.</b> Potencia generada por el sistema propuesto.....	34
<b>Tabla 9.</b> Componentes del sistema fotovoltaico propuesto .....	34
<b>Tabla 10.</b> Presupuesto del proyecto.....	35

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Lista de precios de combustibles del Grifo Repsol .....	46
<b>Anexo 2.</b> Especificaciones técnicas de los paneles solares empleados.....	47
<b>Anexo 3.</b> Especificaciones técnicas del Regulador empleado .....	47
<b>Anexo 4.</b> Especificaciones técnicas de la batería empleada.....	48
<b>Anexo 5.</b> Especificaciones técnicas del Inversor empleado.....	48
<b>Anexo 6 .</b> Planos de la posta medica Urakusa .....	49
<b>Anexo 7.</b> Puesta a tierra .....	51
<b>Anexo 8.</b> Diagrama del sistema propuesto para la posta médica Urakusa.....	52
<b>Anexo 9.</b> Diseño de Sistema Fotovoltaico para el proyecto .....	53
<b>Anexo 10.</b> Fotografías de la posta médica Urakusa .....	54



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general diseñar un sistema fotovoltaico aislado para generar energía eléctrica a la posta médica del centro poblado Urakusa ubicado en la provincia Condorcanqui la que actualmente se abastece de dicho servicio con un grupo electrógeno que genera 5 kW durante limitados periodos de tiempo. Se realizaron visitas técnicas y posterior a ello se recurrió a diversas fuentes meteorológicas para analizar la radiación solar que influye en el punto de instalación considerando así la información emitida por el aplicativo NASA. Para tener aproximación de la máxima demanda dentro del establecimiento se recopiló información de cada equipo eléctrico existente, en seguida se diseñó y dimensionó el sistema fotovoltaico aislado incluyendo las características y el precio en el mercado de cada uno de los componentes a emplearse. Finalmente se obtuvo que el sistema propuesto brinda 5,94 kW de energía y a su vez aumenta el número de horas de fluido eléctrico con respecto al grupo electrógeno, para ello necesita radiación solar de al menos 3,88 kWh/m<sup>2</sup>/día como mínimo, 18 paneles solares de 330 W 24 V, 01 regulador MPPT 250/100 A, 24 baterías de 12 V 250 Ah y 2 inversores DC-AC de 48 V 3 000 VA para suplir las necesidades de la posta médica Urakusa.

**Palabras claves:** grupo electrógeno, sistema fotovoltaico, máxima demanda.

## ABSTRACT

The objective of this research work was to design an isolated photovoltaic system to generate electricity to the medical post of the Urakusa town center located in the Condorcanqui province which currently supplies this service with a generator set that generates 5 kW for limited periods of time. Technical visits were made and after that, various meteorological sources were used to analyze the solar radiation that influences the installation point, considering the information emitted by the NASA application. To have an approximation of the maximum demand within the establishment, information on each existing electrical equipment was collected, then the isolated photovoltaic system was designed and sized including the characteristics and the market price of each of the components to be used. Finally, it was obtained that the proposed system provides 5.94 kW of energy and in turn increases the number of hours of electric fluid with respect to the generator set, for this it needs solar radiation of at least  $3.88 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{day}$  as minimum, 18 solar panels of 330 W 24 V, 01 MPPT regulator 250/100 A, 24 batteries of 12 V 250 Ah and 2 DC-AC inverters of 48 V 3 000 VA to meet the needs of the Urakusa medical post.

**Keywords:** generator set, photovoltaic system, maximum demand.

## I. INTRODUCCIÓN

El mundo industrializado que hoy en día enfrentamos todos los habitantes de este planeta se rige bajo distintos factores entre los cuales destacan la ciencia para determinar el porqué de las cosas y la tecnología para crear productos finales en afán de mejorar la vida del hombre. Dentro de las tecnologías que se puede manifestar a simple vista, está la energía eléctrica o simplemente electricidad la cual es producida por la naturaleza, pero pasaron muchos años para que el hombre entienda cómo se podría emplear dicha energía para hacer cosas.

Actualmente la generación de energía eléctrica a nivel mundial, en su mayoría es proveniente del proceso de alguna transformación química, mecánica, térmica, solar, nuclear; esto ocasiona que los recursos no renovables de la naturaleza, día tras día se deterioren causando daños irreversibles al planeta.

En el Perú, la energía eléctrica se genera aprovechando la energía cinética del agua, que al caer por un desnivel acciona generadores (centrales hidroeléctricas); y mediante centrales térmicas, que convierten la energía térmica, generada a partir de motores de combustión, en energía eléctrica. Además, se estima que el 70% de la producción de dicha energía es proveniente de centrales hidroeléctricas y el 30% es producida por centrales térmicas, solares, entre otros según indica NINAGRI (2019).

La república (2016) sostiene que el Perú posee la radiación solar más alta a nivel mundial, la zona norte y sur del país son los lugares donde se presenta el mayor potencial solar, dicho fenómeno se debe a diversos factores entre los cuales se puede resaltar su cercanía hacia la línea ecuatorial, sin embargo Elliot (2019) detalló que, las energías no convencionales (recursos renovables) hasta finales de diciembre del 2018 aún no se vienen aprovechando eficientemente puesto que solo representan el 4,8% de toda dicha energía eléctrica del país. (Ministerio de Energía y Minas, 2014) realizó diferentes esfuerzos en el país para efectuar la electrificación rural en áreas donde resulta difícil la electrificación mediante la extensión de redes. Sin embargo, explican que para llevar energía eléctrica al todo el país no existe una única solución para tan fin, es por ello que se debe evaluar la zona para encontrar métodos más adecuados que se ajusten a las realidades de cada región.

El calentamiento global, la contaminación atmosférica y el cambio climático que se manifiesta actualmente se han convertido en una de las principales preocupaciones de la población mundial, por ende, cada vez somos más conscientes que se debería encontrar otras soluciones para disminuir el daño ocasionado al planeta y particularmente al medio ambiente. Se recomienda el uso y aprovechamiento de las fuentes no convencionales (energías renovables) como una de las tantas alternativas de solución para disminuir la problemática que afronta el planeta.

Con el afán de contribuir a la lucha constante por tratar de reducir el uso de recursos no renovables e incentivar la puesta en marcha de energías limpias y puras que no causan daños al planeta (recursos renovables) y para aprovechar el potencial solar existente en la región nor oriental del país, se presenta el siguiente proyecto de investigación que utiliza un sistema fotovoltaico (paneles solares) para generar energía eléctrica a la posta médica de la localidad Urakusa ubicada en la provincia de Condorcanqui en la región Amazonas. Esta investigación se justifica en reducir la contaminación del medio ambiente debido al uso de una fuente de energía renovable la cual disminuye la generación de residuos tóxicos, emisiones de gases y no genera contaminación auditiva debido a que es absolutamente silenciosa, mejorando así la calidad de vida de toda la población.

Núñez & Cruz (2013) en su trabajo de investigación presentaron los criterios de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica para aplicaciones domésticas y la aplicación de los mismos para las diferentes regiones naturales del Perú, dentro de los procedimientos que emplearon estaba la evaluación de radiación solar y para ello recopilaron información del Ministerio de Energía y Minas. Como resultados de diseño calcularon el costo aproximado de sistemas domiciliarios típicos para la Costa, Sierra y Selva del país, asimismo en cuanto a implementación y presupuesto los resultados del sistema que propusieron fueron factibles de forma costo-efectiva y podrían ser aplicados para solucionar las necesidades de lugares rurales de difícil acceso.

En cuanto a la justificación económica del sistema propuesto, se sabe que todo sistema a base de energía renovables es económicamente rentable ya que el combustible a emplearse dentro del sistema fotovoltaico proviene de la naturaleza (radiación solar) lo cual reduce los costos de consumo de energía con respecto a un sistema conectado a la red eléctrica o en este caso los costos por adquirir combustible (gasolina) para el grupo electrógeno según manifiesta Collado (2009).

Socialmente el proyecto que se presenta ayuda al estudio de electrificación de zonas rurales aisladas con energía solar fotovoltaica, específicamente para la posta médica Urakusa ubicada en la provincia de Condorcanqui. Asimismo, dicho proyecto mantendrá una mejor

calidad de vida ya que se ha demostrado que el desarrollo social va de la mano con la cobertura de la demanda energética de la zona.

Cabe precisar que dicho establecimiento médico actualmente no tiene energía eléctrica proveniente de alguna empresa o concesionario del país, porque su ubicación geográfica y difícil acceso presenta inconvenientes para dirigir las líneas de transmisión hacia dicha localidad, y en su defecto para suplir dicha necesidad vital cuenta con un grupo electrógeno que le brinda energía eléctrica durante limitadas horas del día.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Diseñar un sistema con energía solar fotovoltaica para la posta médica del Centro poblado Urakusa en la provincia Condorcanqui – Amazonas.

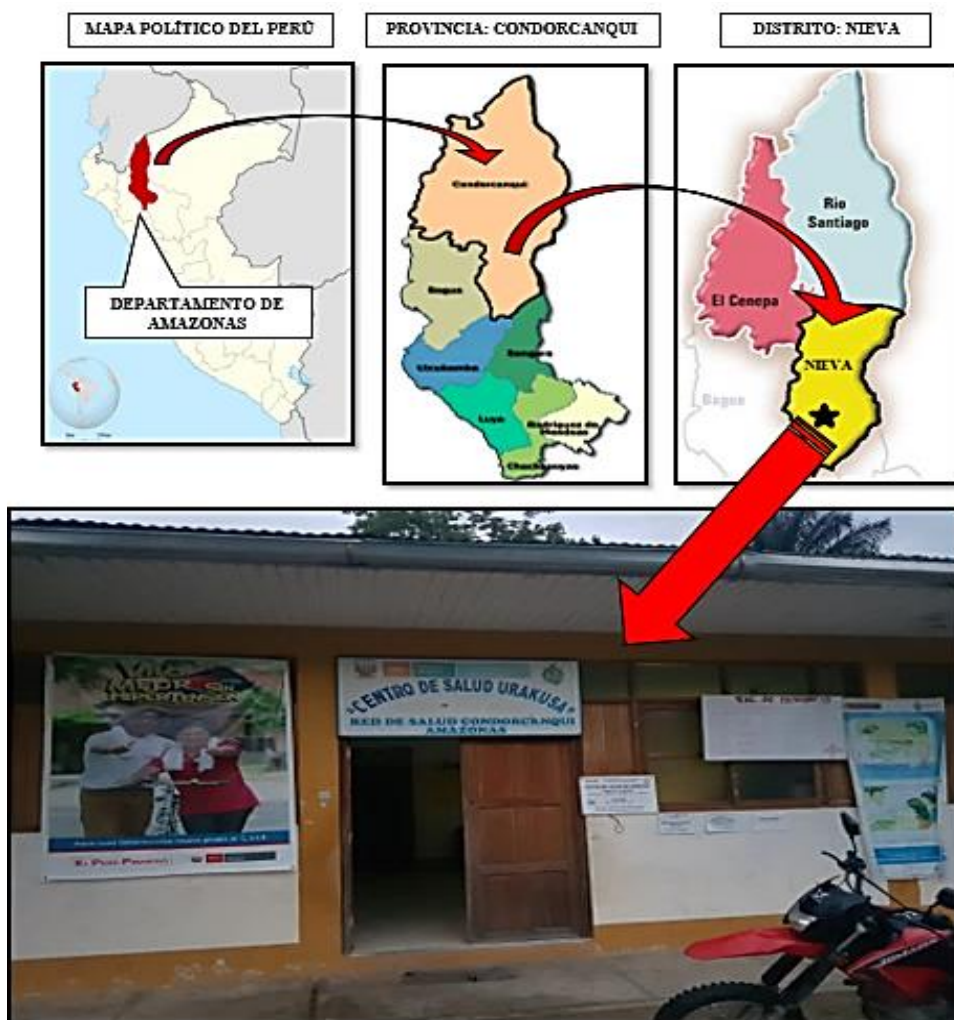
### **2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la radiación solar del centro poblado Urakusa
- Determinar la demanda eléctrica de la posta medica del centro poblado Urakusa provincia de Condorcanqui
- Dimensionar el sistema fotovoltaico que se utilizará en la posta médica del centro poblado Urakusa provincia de Condorcanqui
- Determinar el monto de la inversión total para suministrar de energía eléctrica a la posta médica de la localidad de Urakusa mediante un sistema fotovoltaico aislado.
- Realizar la evaluación económica y financiera del proyecto

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación geográfica

La investigación de este proyecto se realizó en beneficio de la posta médica de la localidad de URAKUSA perteneciente al distrito de Nieva, provincia Condorcanqui en el departamento de Amazonas y presenta las siguientes coordenadas geográficas para el punto de instalación: latitud: - 4,71626340000 y longitud: - 78,05695315000 (ver figura 1).



**Figura 1.** Emplazamiento de la localidad de Urakusa

Fuente: Google hearth

### **3.2. Tipo de investigación empleada**

La investigación que se muestra es aplicada ya que los conocimientos adquiridos en esta investigación pretenden solucionar un problema práctico y descriptivo teniendo en cuenta que los datos, se recogerán tal y cual ocurren por observación directa.

Es cuantitativa según su enfoque porque se requiere estimar el número de componentes fotovoltaicos a emplearse en el proyecto. Asimismo, porque se realizarán mediciones de los parámetros eléctricos generados por un panel solar (Pinza amperimétrica para medir corriente y multímetro para medir tensión) según (Hernández, Fernández & Baptista, 2014)

#### **3.2.1. Línea de investigación**

Energías renovables.

#### **3.2.2. Diseño de la investigación**

El de tipo gabinete y campo no experimental porque no se manipularán las variables.

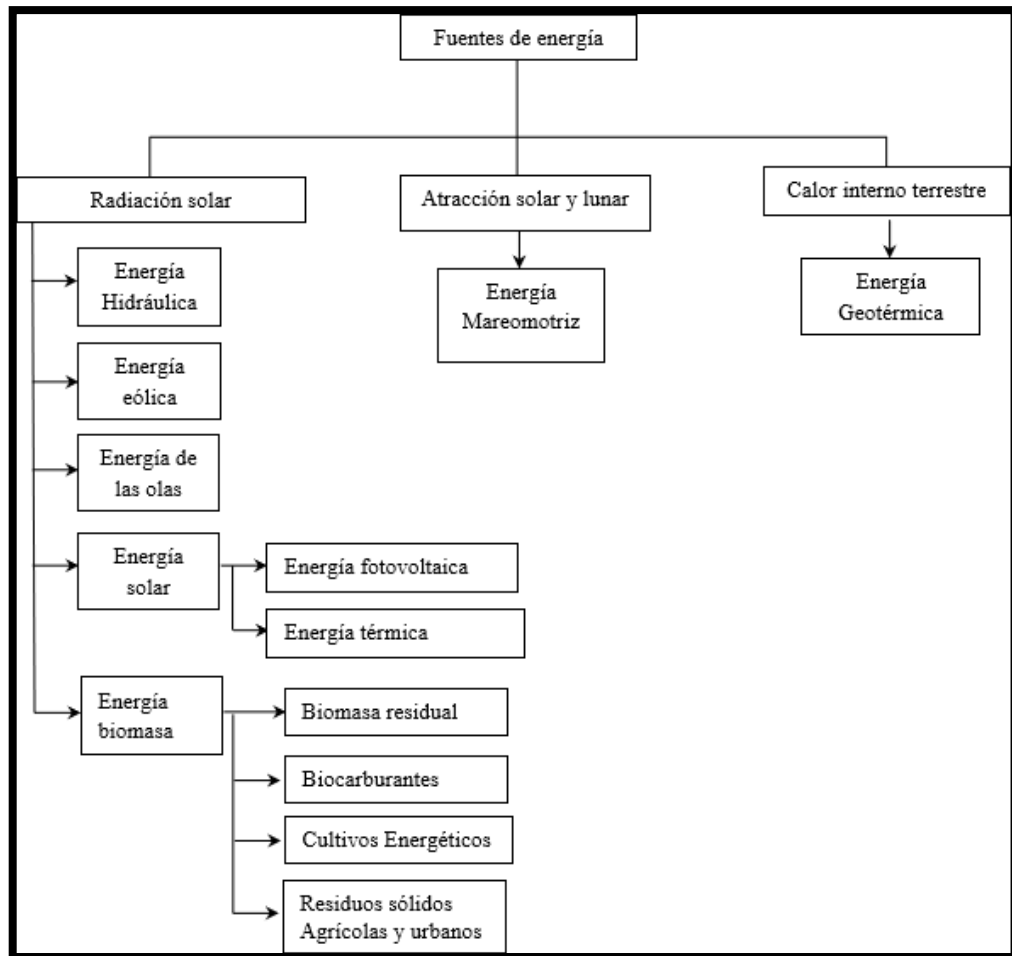
### **3.3. Definiciones teóricas para el proyecto**

#### **a) Energías renovables**

Energía renovable se le denomina a la gran cantidad de energía procedente de fuentes naturales las cuales por su gran cantidad que poseen son inagotables o pueden regenerarse de forma natural sin alterar el medio ambiente.

Sin lugar a dudas ante el previsible agotamiento de los recursos energéticos fósiles, y la posibilidad de disminuir los graves efectos ambientales causados por el uso de estos, la sociedad fija sus esperanzas en las fuentes renovables de energía (ver figura 2).





**Figura 2.** Energía renovable

Fuente: Domínguez (2012)

## b) Principales fuentes de energía

Las fuentes de energía se pueden diferenciar en dos tipos, éstas son:

- **Fuente Primaria:** son aquellas que provienen de un recurso natural, ya sea en forma directa o indirecta, conocidos como energéticos primarios.

Dentro de las energías primarias están las renovables las cuales son de uso sustentable en el tiempo y no afectan al deterioro del planeta, entre éstas podemos mencionar la hidro energía, geotermia, eólica, solar y biomasa Figueroa, Parra & Rodríguez (2014) (ver figura 3).



**Figura 3.** Central hidroeléctrica Cañón del Pato

Fuente: <https://www.huarazturismo.com/tours-canon-del-pato.php>

- **Fuente Secundaria:** son las que provienen de la transformación de otro recurso energético ya procesado (físico, químico o bioquímico) que probablemente generar daños irreversibles al ecosistema mundial, dichas fuentes son más conocidas como energéticos secundarios.

Las fuentes energéticas secundarias son por ejemplo la electricidad, los derivados del petróleo, el carbón mineral y el gas manufacturado (o gas de ciudad) según expone Figueroa., et al (2014) (ver figura 4).



**Figura 4.** Productos derivados del petróleo

Fuente: <https://www.ejemplos.net/wp-content/uploads/2017/08/ejemplos-de-derivados-del-petr%C3%B3leo.png>

### c) Energía Solar

El sol representa la mayor fuente de energía existente en nuestro planeta. La energía es transmitida por medio de ondas electromagnéticas presentes en los rayos solares, las cuales son generadas en forma continua y emitida permanentemente al espacio, esta energía la podemos percibir en forma de luz y calor. Cerca del 70% de la energía solar recibida por la tierra es absorbida por la atmósfera, la tierra y por los océanos, mientras que el 30% restante es reflejado por la atmósfera de regreso al espacio.

La energía solar cumple un rol importante en la vida del ser humano, tanto así que sin ella sería imposible vivir. La energía absorbida por la atmósfera, la tierra y los océanos permite una serie de procesos naturales, como por ejemplo mantener una temperatura promedio, la evaporación que permite la generación de precipitaciones, fotosíntesis, etc. Por otro lado, la energía solar es una fuente de energía renovable, inagotable, limpia y sustentable en el tiempo según lo manifiesta Figueroa., et al (2014).

### d) Las horas de sol pico (HSP)

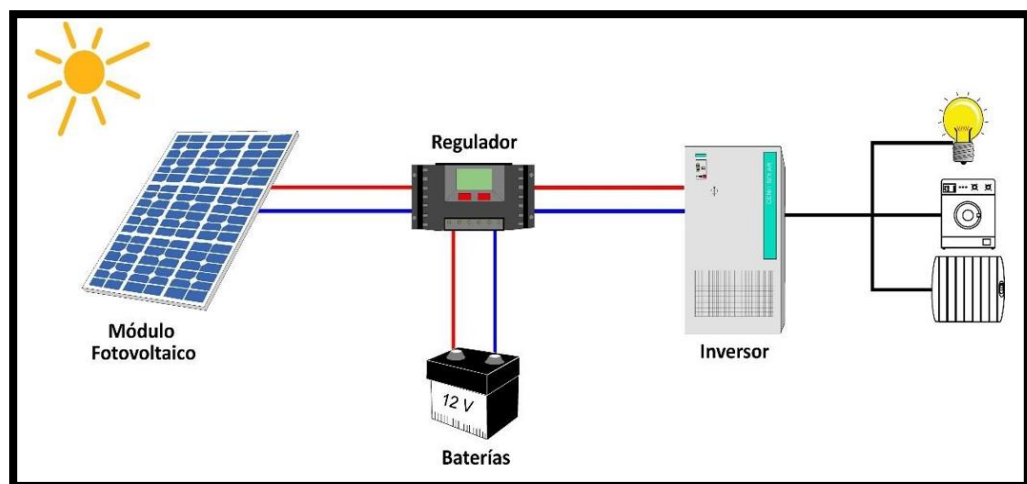
Según Castejón & Santamaría (1998) indican que el sol es una fuente natural e inagotable que genera  $6,35 \times 10^7 W/m^2$  de energía sola desde su posición hacia el planeta Tierra, pero debido a que este cuerpo celeste se encuentra alejado, la energía que llega en forma de irradiancia a la superficie terrestre es de  $1\ 353 W/m^2$ .

Sin embargo, para facilitar el dimensionamiento en sistemas fotovoltaicos (Mancilla & Pinedo, 2020 & Balaguer, 2016) sostienen que se podría emplear el término de Horas Sol Pico (HSP), que no es más que la radiación solar medida en horas dentro de un punto en la Tierra. En pocas palabras es el cociente de los datos promedios de radiación brindados por las fuentes meteorológicas internacionales ( $W/m^2$ ) con un valor referencial de  $1\ 000 W/m^2$  como se muestra a continuación en la ecuación (1).

$$HSP = \frac{\text{radiación solar recopilada (kWh/m}^2\text{/día)}}{1\ 000 W/m^2} \quad (1)$$

### e) Energía Solar Fotovoltaica

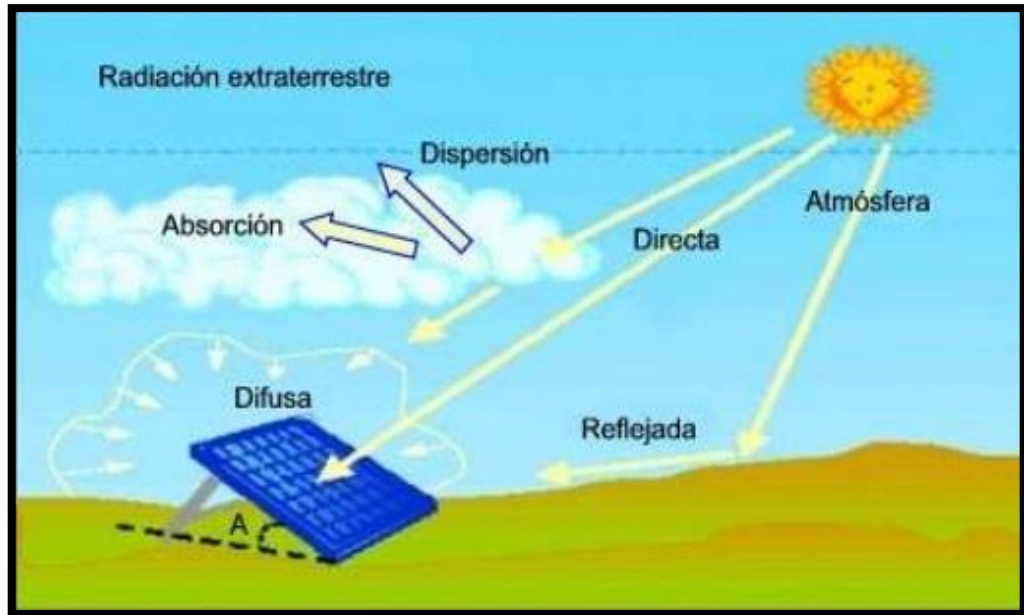
Esta energía consiste en la utilización de la luz proveniente del sol, la cual incide sobre un panel solar para posteriormente a través de sus células que posee produce energía eléctrica. Por tanto, la célula fotovoltaica es un dispositivo electrónico capaz de generar energía eléctrica de forma directa al recibir la luz solar. Una célula solar está compuesta de un material semiconductor, habitualmente silicio; que cuando la luz del sol (fotones) incide en una de sus caras, genera una corriente eléctrica producida por el efecto fotovoltaico Figueroa., et al (2014) (ver figura 5).



**Figura 5.** Principio fotovoltaico

Fuente: [http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica\\_esquema.php](http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica_esquema.php)

- **Radiación Solar Directa:** Es la energía solar que cae directamente sobre una superficie, sin sufrir cambios por efectos de la atmosfera.
- **Radiación Solar Reflejada:** Es la energía solar que cae sobre la superficie terrestre y sufre cambios por efectos sombras, para posteriormente incidir sobre otra superficie según lo expone Baldera (2018).
- **Radiación Solar Difusa:** Es aquella energía solar que sufre cambios por agentes contaminantes que existen en la atmosfera hasta llegar a una superficie determinada (ver figura 6).



**Figura 6.** Radiación solar difusa, directa y albedo.

Fuente: Natividad & Ocupa (2011)

### 3.4. Componentes de un sistema fotovoltaico

Dentro de los componentes de un conocido sistema fotovoltaico se encuentran panel, regulador, baterías e inversores los cuales se muestran a continuación:

#### a) Paneles o módulos fotovoltaicos

Los paneles solares que evaluará este trabajo son de dos tipos, el primer tipo está constituido por celdas fotovoltaicas monocristalinas y el segundo por celdas policristalinas. Las celdas monocristalinas de tipo industrial tienen una eficiencia entre 16 a 18% y las policristalinas alcanzan entre el 15 al 17% estas se fabrican a partir del silicio, que es un elemento muy abundante en la naturaleza. La fabricación de los paneles con este tipo de celdas requiere de procesos profundos de purificación del silicio para la obtención de dichas celdas y un cuidadoso proceso de ensamblado de los restantes componentes que hacen parte del producto final denominado panel solar Torres (2016).

Sin embargo, en este proyecto se optó por emplear paneles solares con tecnología policristalina por su bajo costo y por su fácil adquisición en el mercado fotovoltaico a comparación de las monocristalinas.

## **b) Regulador o controlador de carga**

El regulador es un dispositivo utilizado en los sistemas fotovoltaicos autónomos y su función es controlar y proteger el estado de la batería mediante una supervisión permanente del voltaje en los bornes de ésta. Si el voltaje desciende de un valor preestablecido por el fabricante, el regulador debe enviar una señal de desconexión al sistema de mando para que este ejecute la desconexión de las cargas conectadas a la batería y permita que esta vuelva a cargarse. En el caso de sobrecarga, el regulador detecta voltaje por encima del preestablecido, por lo cual debe enviar señal de desconexión de cargas y el circuito de mando debe permanecer abierto hasta que la batería se da parte de esta carga según manifiesta Torres (2016). Dentro del mercado fotovoltaico existen dos tipos de reguladores:

**Reguladores PWM (Pulse-Width Modulation):** fueron los primeros en salir al mercado por ende son los más antiguos, en su configuración interna poseen un diodo el cual hace que obligatoriamente los paneles y baterías a utilizarse dentro de un sistema fotovoltaico deberán ser de la misma tensión ocasionando así que los paneles no trabajen en máxima potencia, y que la potencia la impondrá la batería según el estado de carga en el que se encuentra. En general esto provoca una pérdida de potencia de al menos 25-30% según manifiesta Tritec intervento (2018).

**Reguladores MPPT (Maximum Power Point Tracking):** a diferencia del regulador PWM que dispone del diodo de protección, este tipo de reguladores en su configuración interna presenta un convertidor de tensión CC-CC y un seguidor del punto de máxima potencia. Debido a ello, este equipo funciona a diferentes potencias (voltaje y amperaje) a la entrada y salida del mismo a diferencia del PWM, asimismo la tecnología MPPT adapta la tensión de funcionamiento de los paneles solares y la proporciona a su salida con máxima potencia con rendimiento de al menos 30% más respecto a los anteriores según indica Tritec intervento (2018) y Autosolar (2018).

Para este proyecto de investigación se consideró entregar la mayor cantidad de energía posible proveniente del sistema fotovoltaico hacia los usuarios, y para ello se optó trabajar con los reguladores de tipo MPPT.

### c) **Baterías de almacenamiento**

Es uno de los componentes más importantes dentro del sistema fotovoltaico, su dimensionamiento debe ser ideal puesto que se depende de este equipo para brindar energía eléctrica en la noche y en los días que existiera poca radiación solar (días de autonomía). Su función principal es almacenar la energía que requiere el sistema para luego utilizarla cuando sea necesario según lo manifiesta Castejón., et al (1998) y Autosolar (2018). Las baterías comúnmente utilizadas dentro de sistemas fotovoltaicos son de tipo GEL y AGM.

**Baterías GEL:** También son conocidas como baterías reguladas por válvula VRLA (Valve Regulated Lead Acid). Son baterías selladas, herméticas, sin mantenimiento, o de electrolito inmovilizado alcanzando una vida útil de unos 4 a 8 años. Pueden encontrarse en formatos de vaso o también en monobloc, se las denomina de Gel ya que el electrolito que poseen consiste en una solución de ácido sulfúrico que se presenta en forma de gel debido a la adición de una sílice especial como ventaja cuenta con que no necesita mantenimiento según indica Sunfields europe (2017).

Abad & Flores (2016) sostienen que al emplear baterías de gel se podrían generar inconvenientes a futuro, entre dichos problemas se encuentra la corrosión, el desbordamiento de líquido, la sulfatación y la temperatura excesiva que podría afrontar estos componentes.

**Baterías AGM:** También son conocidas como baterías de electrolito absorbido, o baterías secas, y las siglas vienen de la descripción en inglés (Absorption Glass Mat). Son la evolución tecnológica de las baterías de gel, puede aguantar unos 8 a 10 años de vida útil a máximo rendimiento, es válida para cualquier uso ya sea en instalaciones de autoconsumo fotovoltaico como para segundas residencias aisladas de la corriente eléctrica y como principal ventaja es la de que no requiere ningún mantenimiento y es mejor que la de GEL según manifiesta Cambio bioenergético (2018) y Sunfields europe (2017).

Para este proyecto de investigación se consideró utilizar baterías solares del tipo AGM ya que muestra mejores resultados en cuanto a uso en instalaciones de sistemas fotovoltaicos respecto a las anteriores.

#### **d) Inversor de corriente**

El inversor de corriente DC-AC dentro del sistema fotovoltaico es el equipo componente que permite suministrar la potencia generada a la red comercial. Su función principal es convertir la corriente continua proveniente del sub sistema de generación (paneles) en corriente alterna hacia los diferentes equipos que requieran de este tipo de energía.

Para este trabajo propuesto se requiere entregar corriente alterna hacia la posta médica con una tensión de 220 V de valor eficaz y una frecuencia de 60 Hz a partir de la energía generada por el número de paneles solares

### **3.5. Recolección de datos para el proyecto**

Se recabó información realizando una visita técnica a la posta médica con el fin de determinar las características técnicas de los equipos que emplea dicha posta y las condiciones de trabajo existentes para el futuro sistema fotovoltaico a diseñarse.

#### **3.5.1. Análisis de radiación solar para el proyecto**

El sistema fotovoltaico que se presenta en este proyecto de tesis, es un sistema fotovoltaico fijo para el cual se debe tener en cuenta un ángulo óptimo de inclinación puesto que es necesario para que el arreglo de paneles solares esté orientado hacia en el Norte geográfico buscando así una mejor captación de energía solar durante el desplazamiento del sol.

Dicho ángulo calculado inicialmente para el sistema propuesto es de  $6,95^\circ$  el cual se calculó con la ecuación 2 propuesta por Cieza (2017).

$$\beta_{\text{opt}} = 3,7 + (0,69 \times |\varphi|) \quad (2)$$

Donde:

$|\varphi|$  = latitud del lugar sin signo

$$\beta_{\text{opt}} = 3,7 + (0,69 \times |-4,71626340000|)$$

$$\beta_{\text{opt}} = 6,95^\circ$$

Posteriormente tras haber calculado el ángulo de inclinación, se ingresó dicho valor a las diferentes fuentes y softwares existentes que brindan información



meteorológica acerca de radiación solar.

Dentro de los softwares investigados se encontró el PVSYST y el aplicativo NASA. Se referencia los datos obtenidos del aplicativo NASA para un ángulo de inclinación 15° por ser una fuente internacional e irrefutable.

Dicha información investigada del aplicativo NASA y el software informático PVSYST se presenta a continuación en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Radiación solar de la localidad de Urakusa

Mes	Promedio de Irradiación Mensual (kWh/m <sup>2</sup> /día)	
	NASA (2018)	PVSYST 6.8.1 (2018)
Enero	4,96	3,99
Febrero	4,54	3,81
Marzo	4,90	4,05
<b>Abril (*)</b>	<b>4,16</b>	3,98
Mayo	4,26	4,05
Junio	4,67	4,02
Julio	4,20	3,98
Agosto	4,67	4,29
Septiembre	5,33	4,62
Octubre	5,98	4,68
Noviembre	5,81	4,80
Diciembre	5,55	4,40

Fuente: Elaboración propia. Datos NASA (2018) y PVSYST 6.8.1 (2018).

De las dos fuentes meteorológicas investigadas, se referencia los datos emitidos por el aplicativo NASA cuyas mediciones indican que Abril es el mes con menor índice de radiación solar durante el periodo anual considerando un valor de 4,16 kWh/m<sup>2</sup>/día. No obstante, se usó el programa informático PVSYST para comparar porcentualmente dicha energía.

Por lo tanto, haciendo uso de la ecuación (1) y la Tabla 1 se manifiesta que el dato de diseño para la radiación solar que influiría donde se pretende establecer el sistema fotovoltaico propuesto la cual se expresa en forma de horas solares pico (HSP) es de al menos 4,16 h/día.

### 3.5.2. Demanda eléctrica para el proyecto

Actualmente la posta médica de la localidad de Urakusa no está conectada a la red eléctrica nacional del gobierno peruano, en su defecto para proveer de electricidad a los equipos eléctricos de este establecimiento de salud posee un grupo electrógeno el cual tiene una potencia de 5 kW para cubrir una demanda de 3,47 kW.

No está demás mencionar que, dicho grupo electrógeno utiliza gasolina como combustible para su funcionamiento.

Sin embargo, los investigadores de este proyecto nos propusimos como reto dejar de lado el funcionamiento del grupo electrógeno existente y en su lugar, diseñar un sistema fotovoltaico aislado el cual sea capaz de suministrar energía eléctrica a dicha posta médica.

#### a). Energía teórica requerida

Para calcular la demanda energética del proyecto ( $E_{prom}$ ) se consideró visitar dicho establecimiento para verificar las características eléctricas (carga por carga) y al mismo tiempo conocer el tiempo de funcionamiento de cada uno de los equipos que posee la posta médica, dicha información recabada se muestra a continuación en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Cuadro de cargas eléctricas

<b>Cuadro de cargas eléctricas</b>				
<b>Equipos</b>	<b>Cantidad (Und)</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Horas (h)</b>	<b>Consumo (Wh)</b>
Lámparas Led	25	20	8	4 000
Laptops	5	90	8	3 600
Tv	4	100	5	2 000
Electrobomba (1,5 HP)	1	1 119	1	1 119
Congelador Biomédico	2	500	8	8 000
consumo promedio (Wh/día)				18 719
<b>consumo promedio (kWh/día)</b>				<b>18,720</b>

Fuente: Elaboración propia. Datos OSINERGMIN (2019)

Tras haber realizado los cálculos necesarios en la Tabla 2, se puede considerar que la energía teórica requerida para este proyecto de investigación asciende a un valor de 18,72 kWh/día.

### **b) Energía real de diseño**

Dentro de las instalaciones eléctricas podrían existir diferentes pérdidas en los componentes y más aún en sistemas fotovoltaicos dichas pérdidas suelen darse en el inversor, regulador, baterías, paneles solares y en los conductores eléctricos (efecto joule, etc), toda esta energía adicional que no se utiliza efectivamente pero que se consume se contabiliza a través del citado factor de reserva según manifiesta Mancilla & Pardo (2020).

Cabe indicar que también existen pérdidas en las instalaciones las cuales se les denomina pérdidas fantasma, éstas suelen darse cuando dichos equipos están apagados pero permanecen conectados a los tomacorrientes. En algunos países suelen emplear un factor de reserva que oscila entre el 10 ó 25 % más sobre la base de la máxima demanda instalada según lo indica (Sebastián, 2020).

Para facilitar el cálculo de estas pérdidas los investigadores de este proyecto, hemos creído conveniente utilizar un factor de reserva del 20 % de la energía requerida inicialmente, puesto que es un valor estándar de aproximación en el diseño de proyecto para futuras aplicaciones. Para este caso la energía total o energía real de diseño ( $E_{\text{diseño}}$ ) que podría consumir la posta médica asciende a un promedio de 22,46 kWh/día según lo indica la ecuación (3)

$$E_{\text{diseño}} = E_{\text{prom}} \times 1,20 \quad (3)$$

### **c) Potencia de diseño**

Es la potencia que se debe generar o instalar a través del número de módulos o paneles fotovoltaicos en función de la radiación existente en el punto de instalación, para este caso la potencia de diseño es de 5,40 kW este parámetro se calculó haciendo uso de la ecuación 4 propuesta por Baldera (2018).

$$P_1 = \frac{E_{\text{diseño}}}{\text{HSP}} \quad (4)$$

Tras haber calculado la potencia de diseño en la ecuación anterior se afirma que el sistema fotovoltaico a diseñarse debe poseer una tensión de trabajo ( $V_T$ ) de 48 V según la Tabla 3 propuesta por (Sunfield europe, 2019).

**Tabla 3.** Tensiones referenciales según potencia.

Potencia	Tensión nominal
$P \leq 1\ 500\ W$	12 V
$1\ 500 < P \leq 5\ 000\ W$	24 – 48 V
$P > 5\ 000\ W$	48, 96, 120 ó 300 V

Fuente: (Sunfield europe, 2019).

### 3.6. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico para el proyecto

Según el apartado (b) de la sección 3.5.2 vista anteriormente se puede verificar que la posta médica de Urakusa consume una energía de al menos 22,46 kWh/día.

El dimensionamiento de los diferentes componentes fotovoltaicos que pueden emplearse dentro del sistema propuesto se muestra a continuación en los siguientes apartados.

#### 3.6.1. Paneles o módulos fotovoltaicos

Se realizó el cálculo de paneles solares para el sistema fotovoltaico en beneficio de la posta medica del centro poblado de Urakuza teniendo en cuenta la demanda máxima del establecimiento, el banco de baterías solares y el inversor solar, asimismo se consideró el tipo de paneles, la energía total, el rendimiento de baterías e inversores.

La cantidad de paneles o módulos fotovoltaicos a emplearse prematuramente en este proyecto se determina con la ecuación 5 propuesta por Delgado (2019).

$$N_{mf-iniciales} = \frac{E_{diseño}}{HSP \times Potencia_{panel}} \quad (5)$$

Donde

$N_{mf-iniciales}$  : número de modulos fotovoltaicos iniciales

$E_{diseño}$  : energia de diseño (kWh/día)

HSP : horas solares pico (h/día)

$Potencia_{panel}$  : potencia del panel elegido (W)

Luego de haber optado por emplear paneles comerciales de la marca ERA Solar de 330 W 24 V y reemplazar datos en la ecuación 5, se obtuvo que el sistema

fotovoltaico propuesto inicialmente podría emplear al menos 16 paneles solares para cubrir la demanda eléctrica de la posta médica (ver figura 7 y anexo 1).

Posteriormente, para mantener la corriente y elevar la tensión de trabajo se debería agrupar los paneles en serie, para este caso los paneles a conectarse en serie son dos y se calculó haciendo uso de la ecuación 6.

$$\mathbf{PANELES_{serie} = \frac{V_T}{V_{panel}}} \quad (6)$$

Donde:

$V_T$  : tensión del sistema fotovoltaico

$V_{panel}$  : tensión nominal de cada panel

Al mismo tiempo, para mantener la tensión y elevar la corriente del sistema se debería agrupar los paneles en paralelo, para este caso los paneles a conectarse en paralelo son nueve y se calculó haciendo uso de la ecuación 7.

$$\mathbf{PANELES_{paralelo} = \frac{N_{mf-iniciales}}{PANELES_{serie}}} \quad (7)$$



**Figura 7.** Panel solar policristalino ERA Solar de 330 W 24 V

Fuente: <https://autosolar.pe/paneles-solares-24v/panel-solar-330w-24v-policristalino-era>

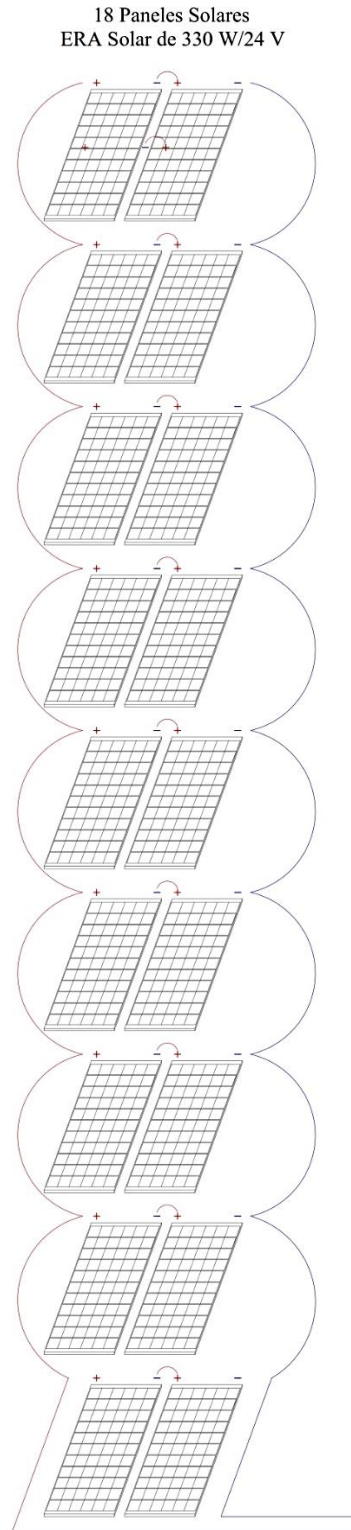
El sistema fotovoltaico podría emplear 18 paneles solares según la expresión (a).

$$\mathbf{Paneles_{total} = PANELES_{serie} \times PANELES_{paralelo}} \quad (a)$$

Ahora se comprueba si el número de paneles solares calculados es el ideal para generar la potencia requerida por la posta médica ( $P_1$ ) de la siguiente manera.

$$\mathbf{Paneles_{total} \times Potencia_{panel} \geq P_1} \quad \mathbf{(b)}$$

(18 x 330) = 5 940, entonces el sistema fotovoltaico si puede emplear 18 paneles solares.



**Figura 8.** Distribución de Paneles solares policristalino ERA Solar de 330W/24V, en serie y paarlelo respectivamente.

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.2. Reguladores o controladores de carga

Para determinar el regulador se debe conocer dos criterios para su elección.

**Primer criterio (por corriente):** Conocer la corriente de cortocircuito ( $I_{sc} = 9,3$ ) de cada uno de los paneles solares a emplearse dentro del sistema fotovoltaico y a su vez el número de estos conectados en paralelo, la corriente de cortocircuito del sistema es de 100,44 A y se determinó con la ecuación 8.

$$I_{REG} = 1,2 \times I_{sc} \times \text{PANELES}_{\text{paralelo}} \quad (8)$$

Donde:

$I_{REG}$  : corriente máxima que debe soportar en regulador (A)

$I_{sc}$  : corriente de cortocircuito de cada panel (A)

**Segundo criterio (por tensión):** Conocer el voltaje en circuito abierto ( $V_{oc} = 45,75$ ) de cada uno de los paneles solares a emplearse dentro del sistema fotovoltaico y a su vez el número de estos conectados en serie, la tensión que debe soportar el regulador a emplearse es de al menos 109,8 V y se determinó con la ecuación 9.

$$V_{REG} = 1,2 \times V_{oc} \times \text{PANELES}_{\text{serie}} \quad (9)$$

Cálculo del número de reguladores a emplearse dentro del sistema fotovoltaico.

$$N_{REG} = \frac{I_{REG}}{I_{\text{regulador}}}$$

Donde:

$N_{REG}$  : Número de reguladores

$I_{\text{regulador}}$  : Intensidad que soporta el regulador a emplearse

∴ Para elegir el regulador se consideró el primer criterio, con lo cual el equipo para regular la energía proveniente del sistema de generación es un Smart solar MPPT 250/ 100 A con rendimiento del 99%, se elige este equipo por ser el más cercano y por razones económicas (ver figura 8 y anexo 2).



**Figura 9.** Regulador Smart solar MPPT 250/ 100 A

Fuente: <https://autosolar.pe/controladores-de-carga-mppt/controlador-smartsolar-mppt-250v-100a-victron>

### 3.6.3. Baterías o acumuladores

Con la energía real de diseño  $E_{\text{diseño}}$  calculado en la sección 3.5.2 apartado (b) y la tensión de trabajo del sistema ( $V_T$ ) se calcula la carga o corriente corregida ( $Q$ ) para el sistema de almacenamiento durante un día promedio la cual está en función de ampere hora. Dicho parámetro se calcula mediante la ecuación 10.

$$Q = \frac{E_{\text{diseño}}}{V_T} \quad (10)$$

Para el sistema fotovoltaico la carga corregida es de 467,92 Ah. Luego de haber calculado la carga corregida y asumiendo dos (02) días en los cuales probablemente no habría radiación solar dentro del punto de instalación, es necesario determinar la capacidad real que debería almacenar el banco de baterías. Para este caso la capacidad del sistema de almacenamiento puede ser de al menos 1 485,43 Ah dicho parámetro se calculó con la ecuación 11.

$$C_T = \frac{N_D \times Q}{P_{D\text{máx}} \times 0,9} \quad (11)$$

Donde:

- $C_T$  : Capacidad total de corriente a almacenarse
- $Q$  : Carga corregida (Ecuación 10)
- $N_D$  : Número de días de autonomía: 2 días
- $P_{D\text{máx}}$  : Profundidad de descarga entre 60 – 80 % : 70 %
- 0,9 : factor de corrección por temperatura



En sistemas de almacenamiento de energía, existen conexiones entre baterías las cuales pueden estar en serie o paralelo. Las ecuaciones 12, 13 y 14 propuestas por Mejía (2018) nos indican su dimensionamiento.

$$\mathbf{baterías}_{serie} = \frac{V_T}{V_{\text{Tensión nominal de cada batería a elegir}}} \quad (12)$$

$$\mathbf{baterías}_{serie} = \frac{48 V}{12 V} \rightarrow 4 \text{ unidades}$$

$$\mathbf{baterías}_{paralelo} = \frac{C_T}{C_{\text{Baterías}}} \quad (13)$$

Donde:

$C_{\text{baterías}}$  : capacidad de cada batería elegida (Ah)

$$\mathbf{baterías}_{paralelo} = \frac{1\ 485,43 \text{ Ah}}{250 \text{ Ah}} \rightarrow 6 \text{ unidades}$$

$$\mathbf{TOTAL}_{baterías} = \mathbf{baterías}_{serie} \times \mathbf{baterías}_{paralelo} \quad (14)$$

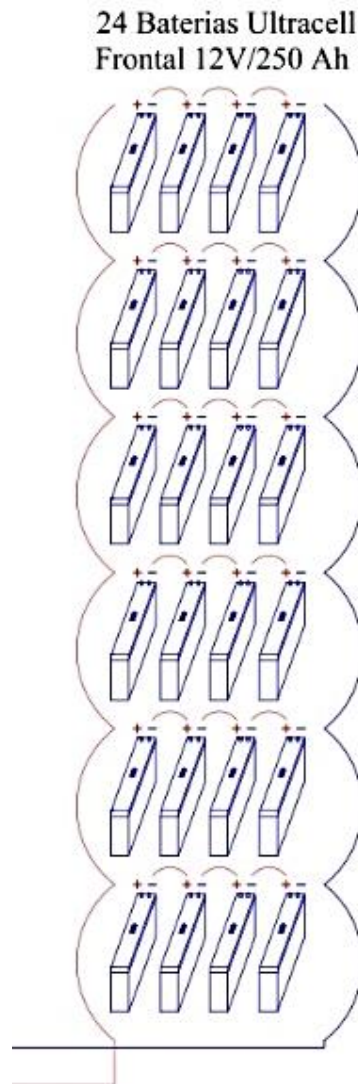
$$\mathbf{TOTAL}_{baterías} = 4 \times 6 \rightarrow 24 \text{ unidades}$$

Por lo tanto, considerando las ecuaciones 12, 13 y 14 se puede afirmar que el sistema fotovoltaico propuesto en esta tesis podría emplear 24 baterías solares como mínimo de la marca Ultracell tipo AGM y modelo Frontal con capacidad de 250 Ah con tensión nominal de 12 V para satisfacer la demanda de la posta médica en Urakusa (ver figura 9 y anexo 3).



**Figura 10.** Batería Ultracell Frontal 12 V 250 Ah

Fuente: <https://autosolar.pe/baterias-agm-12v/bateria-agm-250ah-ultracell-12v-frontal>



**Figura 11.** Distribución de Baterías Ultracell Frontal 12 V 250 Ah, respectivamente en serie y paralelo.

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.4. Inversores de corriente

A la hora de dimensionar el inversor se tendrá en cuenta la potencia que demanda la carga AC, de forma que se elegirá un inversor cuya potencia nominal sea algo superior a la máxima demandada por la carga. Sin embargo, se debe evitar el sobredimensionamiento del inversor para tratar de hacerlo trabajar en la zona donde presenta mejores eficiencias.

Asimismo, se debe considerar un factor de simultaneidad para trabajar en condiciones extremas, para determinar el dimensionamiento del inversor se emplea la ecuación 15.

$$P_{\text{inversor}} = \text{potencia del sistema} \times f_{\text{simultaneidad}} \quad (15)$$

La potencia del sistema o potencia de diseño ( $P_1$ ) para este proyecto es de 5,7886 kW según apartado (c) de la sección 3.5.2

Considerando condiciones extremas para el dimensionamiento del inversor se considera el 100 % como factor de simultaneidad (100 % = 1), por lo tanto, el inversor a elegir debería convertir una potencia de al menos 5,7886 kW hacia los usuarios.

$$P_{\text{inversor}} = 5,7886 \text{ kW} \times 1$$

Por lo tanto, el sistema de conversión de corriente del sistema fotovoltaico propuesto podría emplear dos inversores de la marca Victron Energy modelo Phoenix 48 V/ 3 000 VA para convertir al menos 5,7886 kW hacia los usuarios (3 000 x 2 = 6 000) (ver figura 10 y anexo 4).



**Figura 12.** Inversor Victron Energy Phoenix 48V 3 000 VA

**Fuente:** <https://autosolar.pe/inversores-48v/inversor-victron-phoenix-48v-3000va>

### 3.6.5. Conductores eléctricos

Dentro de cualquier instalación electro-mecánica se suele utilizar conductores o simplemente cables eléctricos los cuales cumplen la función de dirigir la energía proveniente de cualquier fuente de alimentación ya sea procedente de la Red de

servicio o de alguna fuente externa aislada hacia los componentes o equipos lejanos dentro de la misma instalación. En este proyecto de investigación se calculará dichos conductores eléctricos usando dos criterios: por capacidad de corriente máxima y por caída de tensión.

**a) Por capacidad de corriente**

$$I_{\text{nominal}} = \frac{1,25 \times M_D}{V_{\text{sistema}} \times n_{\text{equipo}}} \quad (16)$$

Donde:

$M_D$  : máxima demanda = potencia (W)

$V_T$  : tensión del sistema (V)

$n_{\text{equipo}}$  : rendimiento de cada equipo (%)

**b) Por caída de tensión**

$$\Delta V = \frac{2 \times L \times I_{\text{nominal}}}{S \times \sigma} \quad (17)$$

Donde:

$\Delta V$  : caída de tensión del tramo

$L$  : longitud en metros

$I_{\text{nominal}}$  : corriente máxima de cada tramo

$S$  : sección de calibre del conductor ( $\text{mm}^2$ )

$\sigma$  : conductividad

$\rho$  : resistividad del cobre:  $0,01786 \text{ } (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$  a una temperatura de  $30^\circ\text{C}$

$$\rho = \frac{1}{\sigma}; \quad \rightarrow \quad \sigma = \frac{1}{\rho} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{0,01786} \text{ entonces; } \sigma = 56 \text{ m} / \text{mm}^2\Omega$$

El sistema fotovoltaico propuesto podría tener caídas de tensión por las distancias existentes entre componentes, debido a ello que según Sebastian (2019) y bajo el CNE (2006) para evitar dicha situación los investigadores consideramos las siguientes caídas máximas referenciales para cada tramo las cuales se muestran a continuación en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Caídas de tensión permitidas para cada tramo del sistema.

Tramo	Descripción	Caída máxima	Tensión del sistema	Caída de tensión permitida
tramo 1	Panel – Regulador	3 %	48 V	1,44 V
tramo 2	Regulador – Baterías	1 %	48 V	0,48 V
tramo 3	Regulador – Inversor	1 %	48 V	0,48 V
tramo 4	Inversor – Tablero	0,5 %	220 V	3,3 V

Fuente: Elaboración propia. Datos CNE (2006)

Los investigadores de este trabajo de investigación hemos considerado utilizar conductores eléctricos del tipo THW-90 por estar trabajando en espacios exteriores de instalación (ver figura 11).

CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

**Figura 13.** Conductores eléctricos THW-90

Fuente: <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000464.pdf>

### Tramo 1: Panel – Regulador

El conductor que debe emplearse en este tramo debería soportar la potencia producida por el número de paneles solares empleados por un factor de reserva del 25 % para no trabajar en condiciones extremas.

$$I_{\text{tramo 1}} = \frac{1,25 \times (330 \times 18)}{48 \times 0,9} \rightarrow 171,87A$$

Luego de haber reemplazado datos en la ecuación 16, se obtiene que el conductor a emplearse es  $2 \times 70 \text{ mm}^2$  según la figura 11.

La distancia entre el panel solar y el regulador de carga es de 16 m esto pone en manifiesto que la caída de tensión para este tramo es de 1,40 V haciendo uso de la ecuación 17.

### **Tramo 2: Regulador – Batería**

El conductor que debe emplearse en este tramo debería soportar la misma intensidad del tramo 1.

$$I_{\text{tramo 2}} = 171,87A$$

Luego de haber reemplazado datos en la ecuación 16, se obtiene que el conductor a emplearse es  $2 \times 70 \text{ mm}^2$  según la figura 11.

La distancia entre el regulador de carga y la batería es de 5 m esto pone en manifiesto que la caída de tensión para este tramo es de 0,44 V haciendo uso de la ecuación 17.

### **Tramo 3: Regulador – Inversor**

El conductor que debe emplearse en este tramo debería soportar la potencia que entrega el inversor y el rendimiento del mismo empleando un factor de reserva del 25 % para no trabajar en condiciones extremas.

$$I_{\text{tramo 3}} = \frac{1,25 \times (2 \times 3\,000)}{48 \times 0,95} \rightarrow 164,47 A$$

Luego de haber reemplazado datos en la ecuación 16, se obtiene que el conductor a emplearse es  $2 \times 70 \text{ mm}^2$  según la figura 11.

La distancia entre el regulador de carga y el inversor es de 5 m esto pone en manifiesto que la caída de tensión para este tramo es de 0,41 V haciendo uso de la ecuación 17.

#### Tramo 4: Inversor - Tablero

El conductor que debe emplearse en este tramo debería soportar la potencia real de diseño ( $P_1$ ) empleando un factor de reserva del 25 % para no trabajar en condiciones extremas

$$I_{\text{tramo 4}} = \frac{1,25 \times 5\,940}{220 \times 0,95} \rightarrow 36\text{ A}$$

Luego de haber reemplazado datos en la ecuación 16, se obtiene que el conductor a emplearse es  $2 \times 6\text{ mm}^2$  según la figura 11.

La distancia entre el inversor y el tablero de distribución es de 15 m esto pone en manifiesto que la caída de tensión para este tramo es de 3,21 V haciendo uso de la ecuación 17.

Según los cálculos realizados en función de corriente del sistema se obtuvo el tipo de conductores para cada tramo, dichos conductores se muestran a continuación en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Conductores eléctricos para cada tramo del sistema.

Sistema		Conductor		
Tramo	Descripción	Corriente	Descripción	Sección
Tramo 1	Panel – Regulador	171,87 A	THW-90	70 mm <sup>2</sup>
Tramo 2	Regulador – Batería	171,87 A	THW-90	70 mm <sup>2</sup>
Tramo 3	Regulador- Inversor	164,47 A	THW-90	70 mm <sup>2</sup>
Tramo 4	Conversor – Tablero	36 A	THW-90	6 mm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, luego de haber obtenido la caída de tensión teórica para cada tramo del sistema propuesto en función de corriente máxima, se presenta la Tabla 6, la cual compara las caídas de tensión calculadas para el sistema y las permitidas por el CNE de la Tabla 4 vista anteriormente.

**Tabla 6.** Comprobación de caídas de tensión

<b>Tramo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Caída de tensión permitida</b>	<b>Caída de tensión calculada</b>
tramo 1	Panel – Regulador	1,44 V	1,40 V
tramo 2	Regulador - Baterías	0,48 V	0,44 V
tramo 3	Regulador - Conversor	0,48 V	0,41 V
tramo 4	Conversor - Tablero	3,3 V	3,21 V

Fuente: Elaboración propia

∴ Esta Tabla indica que los conductores THW-90 utilizados para cada tramo del sistema fotovoltaico propuesto son los adecuados para transportar la energía entre sus componentes.

### **3.6.6. Sistema de puesta a tierra**

Una tierra física se define como un sistema de conexión formado por electrodos y líneas de tierra de una instalación eléctrica. Por consiguiente, el sistema de puesta a tierra para el proyecto debería asegurar que cuando exista cambios bruscos de corriente o cortocircuitos esta energía se redirija hacia la línea de menor resistencia eléctrica y no ocasione problemas en los equipos eléctricos de la instalación (ver anexo 6).

### **3.7. Evaluación Económica y Financiera**

Para determinar la rentabilidad económica y financiera del proyecto se realizó a través del método VAN y TIR, teniendo como dato nuestro presupuesto calculado como la inversión inicial y los gastos que generados en la posta medica por consumo de combustible.

**VAN:** Procedimiento práctico, porque los gastos o entradas futuras se convierten en unidades monetarias, del tipo equivalente actual considerado (actual).

De esta forma es fácil observar la ventaja económica de una alternativa sobre otra.

**TIR:** Se llama tasa interna de rentabilidad a la tasa de interés que hace que el valor presente neto de un proyecto de inversión sea igual a cero.



El valor de dinero en el tiempo que se emplea en el procedimiento TIR corresponde a suponer que todo dinero que se recibe se reinvierte y gana interés a una tasa igual a la tasa interna de rentabilidad. Arbones, (1989).

• **ANALISIS TECNICO**

Consumo de Combustible	1	G/H
Horas diarias de trabajo	8	H/d
Gasto de combustible	8	G/d
Días laborables por semana	5	d
Gasto de Combustible Mensual	160	G
		G
Precio de Combustible en el mercado	1	= S/ 13.70
Gasto económico mensual		<b>S/ 2,192.75</b>

Consumo por casos de emergencia

Horas Mensuales de trabajo	20	H/mes
consumo de combustible	1	G/H
Precio de Combustible en el mercado	1	G= S/ 13.70
Gasto económico mensual		<b>S/ 274.09</b>

**Sub total** **S/. 2,466.85**

Gasto económico Mensual para mantener en funcionamiento los equipos de la Posta Médica

Gasto Económico Mensual = S/. 2,466.85

Gasto Económico Anual = S/. 29,602.16

Para el costo de operación y mantenimiento: MENSUAL

Caja Chica = S/. 1,000.0

TOTAL= S/. 1,000.0

**Tabla 7.** Rentabilidad del proyecto

<b>Año</b>	<b>C. Inversión</b>	<b>C. Oper. y Mant.</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Flujos de Caja</b>	<b>FC Actual</b>	<b>FC Acumulados</b>
0	S/. 78,455.0			S/. -78,455.0	S/. -78,455.0	S/. -78,455.0
1		S/. 12,000.0	S/. 29,602.2	S/. 17,602.2	S/. 16,001.96	S/. -62,453.0
2		S/. 12,000.0	S/. 29,602.2	S/. 17,602.2	S/. 14,547.2	S/. -47,905.8
3		S/. 12,000.0	S/. 29,602.2	S/. 17,602.2	S/. 13,224.8	S/. -34,681.0
4		S/. 12,000.0	S/. 29,602.2	S/. 17,602.2	S/. 12,022.5	S/. -22,658.5
5		S/. 12,000.0	S/. 29,602.2	S/. 17,602.2	S/. 10,929.6	S/. -11,729.0
6		S/. 12,000.0	S/. 29,602.2	S/. 17,602.2	S/. 9,936.0	S/. -1,793.0
7		S/. 12,000.0	S/. 29,602.2	S/. 17,602.2	S/. 9,032.7	S/. 7,239.7
8		S/. 12,000.0	S/. 29,602.2	S/. 17,602.2	S/. 8,211.5	S/. 15,451.2
9		S/. 12,000.0	S/. 29,602.2	S/. 17,602.2	S/. 7,465.0	S/. 22,916.3
10		S/. 12,000.0	S/. 29,602.2	S/. 17,602.2	S/. 6,786.4	S/. 29,702.7

Fuente: Elaboración propia

**VAN:** S/. 97,567.61

**TIR:** 18%

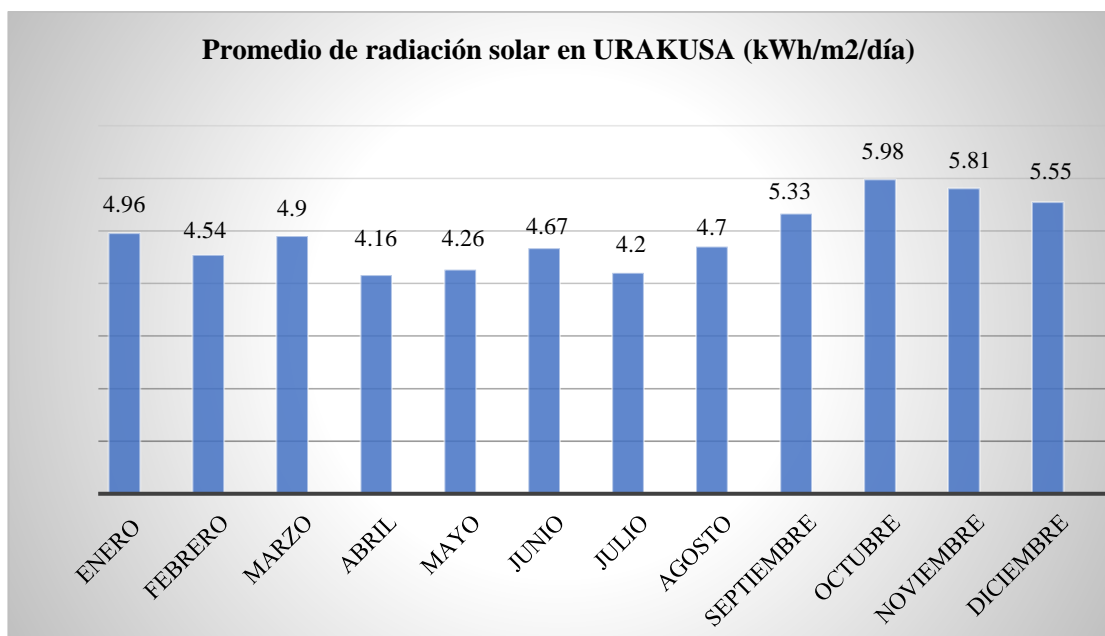
**Período de recuperación:** Se recupera a partir del séptimo año

Luego de haber realizado la evaluación económica y financiera se indica de la tabla 7, que el monto invertido en el proyecto será recuperado dentro de 7 años.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Radiación solar del centro poblado Urakusa

Considerando la radiación solar de la zona, dato obtenido de la página de la NASA donde se referencia la radiación con respecto a las coordenadas donde está ubicada la localidad. Luego de haber recurrido a las bases meteorológicas de la NASA se podría afirmar que la radiación solar en el punto de instalación de este proyecto es de 4,16 kWh/m<sup>2</sup>/día siendo abril el mes más crítico del promedio anual, asimismo este valor nos hace referencia a un valor de  $HSP = 4,16$  h/día.



**Figura 14.** Radiación solar en la localidad de Urakusa

Fuente: Elaboración propia. Datos NASA (2018)

### 4.2. Máxima demanda de la posta médica Urakusa

Actualmente el grupo electrógeno existente tiene la capacidad de generar 5 kW de energía eléctrica hacia la posta médica. Sin embargo, el sistema fotovoltaico propuesto en el presente trabajo de investigación podría generar una potencia de al menos 5,94 kW según lo indica la Tabla 8.

**Tabla 8.** Potencia generada por el sistema propuesto

<b>Posta Médica Urakusa</b>	
<b>Potencia generada</b>	
<b>Grupo Electrónico Actual</b>	<b>Sistema Fotovoltaico Propuesto</b>
5 kW	5,94 kW

Fuente: Elaboración propia

#### **4.3. Componentes del sistema fotovoltaico propuesto**

Tras haber realizado cálculos para el dimensionamiento del sistema, se obtuvo los siguientes equipos que podrían emplearse en el sistema fotovoltaico propuesto los cuales se muestran a continuación en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Componentes del sistema fotovoltaico propuesto

<b>Sistema</b>	<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Generación	Panel solar	Policristalino ERA Solar 330 W 24 V	18
Regulación	Regulador de carga	Smart solar MPPT 250/ 100 A	1
Almacenamiento	Batería solar	Ultracell 12 V 250 Ah	24
Conversión	Inversor de corriente	Victron Energy 48 V 3 000 VA	2

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4. Presupuesto económico del proyecto**

Los siguientes precios que se muestran a continuación en la Tabla 10 se establecieron de acuerdo a cotizaciones que se realizaron con proveedores de la zona y recurriendo a profesionales técnicos dedicados al sector fotovoltaico; cabe recalcar que los precios indicados podrían variar según el lugar donde se adquiriera dichos productos.

**Tabla 10.** Presupuesto del proyecto

<b>Sistema fotovoltaico propuesto</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
Panel solar de 330 W 24 V	Unidad	18	740	13 320
Regulador MPPT 250/100 A	Unidad	1	5 015	5 015
Baterías de 12 V 250 Ah	Unidad	24	1 610	38 640
Inversor 48 V 3 000 VA	Unidad	2	5 990	11 980
Conductores	Global	1	1 000	1 000
Sistema de puesta a tierra	Global	1	1 500	1 500
Estructuras mecánicas	Global	1	2 000	2 000
Mano de obra	Global	1	5 000	5 000
<b>Total sin I.G.V. (S/.)</b>				<b>78 455,00</b>

Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIONES

- El centro de salud de la localidad de Urakusa no cuenta con energía de alguna concesionaria eléctrica del país por encontrarse muy distante de la red eléctrica, en su lugar para suplir dicha necesidad básica dicho establecimiento tiene instalado un grupo electrógeno el cual funciona con combustible (gasolina) para brindar 5 kW de energía eléctrica durante un limitado número de horas según la solvencia económica de la administración del nosocomio, por tal motivo nuestro equipo de trabajo se propuso realizar un sistema fotovoltaico aislado el cual sea capaz de generar más energía durante un mayor número de horas y a la vez reducir los gastos por consumo del servicio puesto que el combustible a emplearse en el sistema presentado es proveniente de la naturaleza (radiación solar) respecto al grupo electrógeno.
- Dentro de las fuentes meteorológicas existentes para determinar la radiación solar dentro del punto de instalación de este proyecto se encontró el aplicativo NASA (2018) y el programa Pvsyst (2018) de los cuales se consideró referenciar los datos emitidos del primero por ser una fuente internacional e irrefutable.
- El aplicativo NASA para cualquier lugar en la Tierra emite información meteorológica acerca de radiación solar en función de al menos  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ , etc., debido a ello en la presente tesis para captar la mayor cantidad de energía solar se considera  $15^\circ$  como ángulo óptimo de inclinación puesto que dicho valor es el más cercano respecto al calculado inicialmente ( $6,95^\circ$ ).
- La presente tesis propuesta considera una electrobomba de 1,119 kW para limitadas aplicaciones dentro de la posta médica la cual se utiliza durante escasos periodos de tiempo a lo largo del día; debido a ello se dejó de lado considerar lo expuesto por Mejía (2018) quien sostiene que, si existen cargas receptoras a beneficiar u otros equipos que requieran vencer los picos de corriente al momento de dar inicio su funcionamiento tales como

motores, compresores, etc se debería triplicar ( $\times 3$ ) la potencia de dichos equipos al momento de calcular la máxima demanda y reducir las descompensaciones del inversor de corriente DC-AC del sistema a diseñar.

- Cabe mencionar que el rendimiento de una instalación fotovoltaica que posea componentes tales como paneles solares, regulador, baterías e inversor de corriente DC-AC radica en el rendimiento de cada uno de los componentes antes mencionados; según Castejón & Santamaría (1998) sostienen que para facilitar dicho rendimiento general de un sistema fotovoltaico se podría considerar el 60% (1,60) en pérdidas, lo cual se refuta en esta tesis puesto que se estaría sobredimensionando a todo el sistema y en su defecto se consideró un valor de reserva predeterminado en las ingenierías del 20% (1,20).
- No obstante, tras haber analizado la energía solar que incide en el punto de instalación y luego de dimensionar el número de módulos fotovoltaicos a emplearse en esta sistema, aceptamos lo expuesto por Avalos (2016) quien manifiesta que no en todo lugar es factible realizar proyectos de sistemas fotovoltaicos ya que la radiación solar que influye dentro de un determinado lugar geográfico varía según la latitud y la época del año, esto implica que a mayor radiación solar menor será el número de paneles a utilizar y por el contrario si la radiación es menor se aumentará el número de paneles afectando así la viabilidad económica del proyecto.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### A. CONCLUSIONES

- Se ha logrado el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para suministrar energía eléctrica a la posta médica de la localidad de Urakusa la que actualmente cuenta con un grupo electrógeno como fuente de energía eléctrica.
- Según las visitas técnicas al lugar de instalación donde se pretende establecer este proyecto se concluye que la radiación solar para dicho punto es de al menos 4,16 kWh/m<sup>2</sup>/día en el mes Abril.
- La potencia instalada de la posta médica de la localidad de Urakusa es de 3,47 kW y para ello emplea un grupo electrógeno de 5 kW con ello se infiere que los diseñadores de dicho arreglo consideraron 1,53 kW de reserva para suministrar energía a próximas demandas eléctricas a futuro; con el sistema fotovoltaico propuesto en el presente trabajo se brindará 5,94 kW de energía es decir 940 W más respecto al grupo electrógeno existente.
- Asimismo, tras haber realizado los cálculos justificativos en el presente trabajo de investigación se concluye que nuestro sistema propuesto para abastecer de energía eléctrica a la posta médica de la localidad de Urakusa podría emplear los siguientes componentes fotovoltaicos:
  - 18 paneles solares policristalinos de la marca ERA Solar de 330 W 24 V
  - 01 regulador de carga de la marca Blue solar de 250/ 100 A
  - 24 baterías de la marca Ultracell tipo Frontal 12 V 250 Ah
  - 02 inversores de corriente de la marca Victron Energy Phoenix 48V 3 000 VA
- Según el requerimiento se indica que, los paneles solares y el inversor solar dentro de un sistema fotovoltaico son los elementos principales económica y funcionalmente, porque depende de ellos el suministro de energía eléctrica hacia una determinada demanda eléctrica por parte de los usuarios.



- Se infiere que, los factores que se podrían tomar en cuenta para producir energía solar están la ubicación y el área disponible para la colocación de los paneles y el espacio físico, que puede influir de manera muy significativa, ya que las sombras por objetos o edificios aledaños a la instalación no permitirían generar la energía esperada.
- Con ganas de contribuir a reducir el calentamiento global y disminuir la contaminación ambiental se manifiesta que este proyecto motiva al uso de energías renovables que ayudan de gran manera al planeta y al mismo tiempo, si se desea implementar el proyecto presentado sería más autosostenible, ya que no se requerirá la utilización de la energía eléctrica entregada por el concesionario del país, sino la radiación solar como fuente de energía.
- Tras haber ejecutado los cálculos justificativos con la inversión del proyecto, se infiere que el proyecto propuesto es rentable puesto que el capital invertido se recuperará en 7 años a una tasa del 10%.
- Luego de haber realizado la evaluación económica y financiera del proyecto, concluimos que el período de recuperación del monto invertido, será dentro de 7 años.

## **B. RECOMENDACIONES**

- Un monitoreo constante dentro de cualquier instalación eléctrica asegura el buen desempeño del sistema, debido a ello se recomienda realizar mantenimientos preventivos de manera esporádica a todo el sistema fotovoltaico lo cual podría reducir problemas a futuro y paralización de todos los equipos de la posta médica cuando se encuentre en atención a los habitantes de dicha zona.
- Cuando se desee diseñar un sistema fotovoltaico, se sugiere realizar visitas técnicas al punto de instalación donde se pretende instalar dicho sistema porque el efecto sombras podría originar inconvenientes al momento para suministrar energía ante aplicación que se lo requiera, o en su defecto emplear paneles solares con alta tecnología de generación (diodos by-pass).
- Al momento de dimensionar los componentes de un sistema fotovoltaico se sugiere considerar los equipos inmediatos superiores a los calculados según el subsistema, está demás citar que los componentes a emplearse deberían ser los más comerciales dentro del mercado fotovoltaico para su fácil reemplazo.

- En cuanto al inversor de corriente DC-AC para el subsistema de conversión dentro de un sistema fotovoltaico, se recomienda verificar si existen equipos que necesitan vencer los picos de corriente al momento de arranque tales como motores, compresores, etc., de ser el caso se sugiere elegir un inversor el cual posea la tecnología capaz de mantener los picos de corriente de dichos componentes.
- Para evitar cortocircuitos en instalaciones eléctricas y particularmente en sistemas fotovoltaicos se recomienda emplear fusibles, interruptores diferenciales o termomagnéticos según la corriente máxima que circula entre cada tramo del sistema.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad Mariños, P. S., & Flores Mendo, E. A. (2016). Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo para reducir el consumo de combustible en la plataforma de descarga de la pesquera exalmar -chimbote Perú. Tesis de licenciatura, Universidad nacional del santa, Facultad de ingeniería, Nuevo chimbote. Recuperado el 21 de Octubre de 2019, de <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2637/42918.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Autosolar. (2018). Recuperado el 15 de Octubre de 2019, de <https://autosolar.pe/controladores-de-carga-mppt>
- Autosolar. (2018). Recuperado el 20 de Octubre de 2019, de <https://autosolar.pe/baterias-solares>
- Autosolar. (15 de Noviembre de 2019). Paneles solares. Recuperado el 15 de Noviembre de 2019, de <https://autosolar.pe/paneles-solares>
- Avalos Vallejos, H. R. (2016). Diseño de un sistema fotovoltaico para abastecer la demanda de energía eléctrica del servicio habitacional gran hotel, San Ignacio 2016. Tesis de licenciatura, Jaén. Recuperado el 14 de Diciembre de 2019, de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/9395/avalos\\_vh.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/9395/avalos_vh.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Balaguer Zueco, S. (2016). Seguidor solar de dos ejes. Universitat Jaume I, Escola de tecnologia i ciències experimentals. Recuperado el 18 de Septiembre de 2019, de <http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/165625>
- Baldera Chapañan, N. V. (Octubre de 2018). Dimensionamiento de un sistema de bombeo de agua para el caserío Chochor en Mórrope utilizando energía solar fotovoltaica. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Facultad de ingeniería mecánica y eléctrica, Lambayeque. Obtenido de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/2848>

- Buitrago Mesa , D. A., & Rubio Puerto , C. J. (2015). Diseño de un quiosco solar para recargar dispositivos electrónicos como alternativa de ahorro de consumo de energía en la universidad libre, sede bosque popular. Tesis de licenciatura, Universidad Libre, Ingeniería Ambiental, Bogotá. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/8106>
- Cambio bioenergético. (2018). Recuperado el 28 de Octubre de 2019, de <https://www.cambioenergetico.com/82-baterias-solares-gel-y-agm>
- Castejón Oliva, A., & Santamaría Herranz, G. (1998). Instalaciones solares fotovoltaicas (3 ed.). Madrid, España: Editex S.A. Recuperado el 16 de Septiembre de 2019
- Cieza Coronado, J. C. (2017). Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para las instalaciones eléctricas de alumbrado en el hostel Lancelot ubicado en Chiclayo - Chiclayo - Lambayeque. Tesis de licenciatura, Universidad nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de ingeniería mecánica y eléctrica, Chiclayo. Recuperado el 26 de Diciembre de 2019, de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/1919/BC-TES-TMP-765.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Collado Fernández , E. (2009). Energía solar fotovoltaica, competitividad y evaluación económica, comparativa y modelos. Tesis de licenciatura, Universidad nacional de educación a distancia, Departamento de ingeniería eléctrica, electrónica y de control. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019, de <http://www.ieec.uned.es/PersonalDIEEC/archivos/tesis-doctoral-eduardo-collado.pdf>
- Delgado Sánchez, M. Y. (2019). Energía fotovoltaica para suministrar electricidad a villa hermosa, Yambrasbamba, Bongara, Amazonas. Tesis de licenciatura, Lambayeque. Recuperado el 14 de Octubre de 2019, de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3846/BC-TES-TMP-2684.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Domínguez González, H. (2012). Diseño de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el Cobaev 35 Xalapa. Tesis de licenciatura, Universidad Veracruzana, Facultad de ingeniería mecánica eléctrica. Recuperado el 20 de Octubre de 2019, de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/31561/dominguezgonzalezhector.pdf;jsessionid=D5CF820D324F7D43F1491DEFDD23A2BE?sequence=1>


- Elliot Blas, P. (18 de Julio de 2019). Perú busca aprovechar su potencial de energía solar para cerrar brecha de electrificación rural. (A. p. noticias, Entrevistador) Perú. Recuperado el 10 de Enero de 2020, de <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/peru-busca-aprovechar-su-potencial-de-energia-solar-para-cerrar-brecha-de>
- Figueroa Márquez, C. F., Parra Luna, N. A., & Rodríguez Méndez, C. H. (2014). Evaluación de la factibilidad técnica y económica de la instalación de paneles solares fotovoltaicos en hogares de familias de escasos recursos de la comuna de San Nicolás. Tesis de licenciatura, Universidad del Bío-Bío, Departamento de gestión empresarial, Chillán. Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1038/1/Figueroa%20Marquez%2C%20Catalina%20Francisca.pdf>
- Guevara Sempertegui , C. I. (2018). Viabilidad de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a la estación base celular de la empresa Claro ubicado en el Caserío Santa Rosa-Sallique-Jaén Cajamarca. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Lambayeque. Recuperado el 10 de Noviembre de 2019, de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/2430>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (Sexta ed.). México D.F, México: McGraw-Hill . Recuperado el 15 de Octubre de 2019, de [http://docs.wixstatic.com/ugd/986864\\_5bcd4bbbf3d84e8184d6e10eecea8fa3.pdf](http://docs.wixstatic.com/ugd/986864_5bcd4bbbf3d84e8184d6e10eecea8fa3.pdf)
- La república. (7 de Enero de 2016). Recuperado el 5 de Febrero de 2020, de <https://larepublica.pe/sociedad/731827-peru-es-el-pais-con-mayor-radiacion-solar-en-el-mundo/>
- Mancilla Altamirano, C. E., & Pardo Pinedo, A. A. (2020). Diseño a escala de sistema fotovoltaico con seguidor solar para carga de baterías de dispositivos portátiles en la UAP-Jaén. Tesis de licenciatura , Universidad Nacional de Jaén, Ingeniería mecánica y eléctrica, Jaén. Recuperado el 5 de Enero de 2020, de [http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/260/Mancilla\\_ACE\\_Pardo\\_PA\\_A.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/260/Mancilla_ACE_Pardo_PA_A.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mejía Vásquez, E. J. (2018). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de ingeniería mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica. Informe de investigación, Universidad Politécnica

- Amazónica, Ingeniería mecánica y eléctrica, Bagua. Recuperado el 16 de Diciembre de 2019, de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUPA\\_408313aca27dd50946ee0bcb07273b5b](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUPA_408313aca27dd50946ee0bcb07273b5b)
- Ministerio de energía y minas. (2006). Código nacional de electrificación - Utilización. Lima. Recuperado el 28 de Octubre de 2019, de <http://www.pqsperu.com/Descargas/NORMAS%20LEGALES/CNE.PDF>
- NASA. (2018). Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Natividad Alvarado, J., & Ocupa Florián, D. (16 de Mayo de 2011). Los muros de Trombe sirven en el Perú ? Recuperado el 13 de Noviembre de 2019, de <https://es.slideshare.net/robvaler/los-muros-de-trombe-sirven-en-el-peru>
- NINAGRI. (Marzo de 2019). Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de <http://minagri.gob.pe/portal/45-sector-agrario/recurso-energetico/342-la-energia-electrica>
- Núñez Zúñiga, T., & Cruz Ornetta, V. M. (diciembre de 2013). Diseño de sistemas de energía solar fotovoltaica - aplicación en el Perú. Artículo, Lima. Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de <http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Paideia/article/view/935/851>
- OSINERGMIN. (Marzo de 2019). Recuperado el 25 de Octubre de 2019, de [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Folleteria/16-Electricidad.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Folleteria/16-Electricidad.pdf)
- Panel solar Perú. (2018). Recuperado el 25 de Diciembre de 2019, de <https://www.panelsolarperu.com/20-inversores>
- Promelsa. (Agosto de 2019). Obtenido de <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000464.pdf>
- Proviento. (2018). Recuperado el 25 de Noviembre de 2019, de <https://www.proviento.com.pe/baterias.html>
- PVSYST. (2018). Recuperado el 15 de Septiembre de 2019, de <https://www.pvsyst.com/>
- Sebastian Tames, E. (17 de Marzo de 2019). Energía solar. Obtenido de <https://eliseosebastian.com/calcular-cables-conductores-para-paneles-fotovoltaicos-1/>
- Sebastián, E. (25 de Mayo de 2020). Energía solar. Recuperado el 28 de Mayo del 2020 de <https://eliseosebastian.com/calcular-numero-de-paneles-solares-fotovoltaicos-1/>

- Sunfields europe. (2017). Recuperado el 20 de Octubre de 2019, de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/bateria-agm-o-gel-cual-elegir/>
- Sunfield europe. (15 de Agosto de 2019). Sunfields europe. Recuperado el 28 de Mayo de 2020, de <https://www.yumpu.com/es/document/read/45167871/manual-calculo-instalaciones-fotovoltaicas-sunfields-europe>
- Torres Riveros, Á. R. (2016). Evaluación del sistema de suministro de energía con paneles solares fotovoltaicos para el edificio de posgrados de la Universidad Libre sede el Bosque. Tesis de licenciatura, Universidad Libre, Facultad de ingeniería, Bogotá. Recuperado el 14 de Octubre de 2019, de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10443/Tesis%20%20Evaluacion%20Fotovoltaica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tritec intervento. (2018). Recuperado el 24 de Octubre de 2019, de <https://www.tritec-intervento.cl/productostritec/diferencia-entre-controlador-de-carga-pwm-y-mppt/>

## VIII. ANEXOS

### Anexo I. Lista de precios de combustibles del Grifo Repsol

	<b>LISTA DE PRECIOS DE COMBUSTIBLES</b>	Página: 1 de 1
		Fecha: 03/06/2020
		Hora: 02:19:45

Vigencia: 30/11/2019

PRODUCTO	NETO	IMPUESTOS		SUB TOTAL	IMPUESTO IGV	PRECIO DE LISTA
		RODAJE	SELECTIVO			
GASOLINA 98 BA	8.73	8%	1.17	10.5984	18%	12.506112
GASOLINA 97	8.42	8%	1.17	10.2636	18%	12.111048
GASOLINA 95	8.05	8%	1.17	9.8640	18%	11.639520
GASOLINA 90	7.36	8%	1.21	9.1588	18%	10.807384
DIESEL B5 (S-50)	8.73		1.49	10.2200	18%	12.059600
DIESEL B5-S50 UV	7.94		1.49	9.4300	18%	11.127400
GASOHOL 84 PLUS	6.98	8%	1.22	8.7584	18%	10.334912
GASOHOL 90 PLUS	7.27	8%	1.16	9.0116	18%	10.633688
GASOHOL 95 PLUS	7.84	8%	1.13	9.5972	18%	11.324696
GASOHOL 97 PLUS	8.13	8%	1.13	9.9104	18%	11.694272
GASOHOL 98 PLUS	8.44	8%	1.13	10.2452	18%	12.089336
GASOLINA 84	6.91	8%	1.27	8.7328	18%	10.304704
PETROLEO INDUSTRIAL 500	5.43		1.00	6.4300	18%	7.587400
PETROLEO INDUSTRIAL 6	5.58		0.92	6.5000	18%	7.670000

Nota: Precios expresados en soles por galón

#### Comentarios:

La Lista no incluye el recargo por FISE de 1.00 US\$/Bbl (Ley N° 29852 y su reglamento DS N° 021-2012-EM; y Ley de Presupuesto del Sector Público N° 30114), pero será considerado en el momento de la Facturación en una línea aparte y no estará sujeto a I.G.V.

Fuente: [https://portalperu.repsol.com./WebRelapa/Reporte\\_Precios\\_Lima.aspx](https://portalperu.repsol.com./WebRelapa/Reporte_Precios_Lima.aspx)



**Anexo 2.** Especificaciones técnicas de los paneles solares empleados

ESPMC TYPE	300	310	315	320	325	330
Power Class	300W	310W	315W	320W	325W	330W
Max. Power Voltage ( $V_{mpp}$ )* at STC**	37V	37.3V	37.5V	37.65V	37.8V	37.95V
Max. Power Current ( $I_{mpp}$ ) at STC	8.1A	8.31A	8.4A	8.5A	8.6A	8.7A
Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ ) at STC	44.8V	45.1V	45.3V	45.45V	45.6V	45.75V
Short Circuit Current ( $I_{sc}$ ) at STC	8.7A	8.9A	9A	9.1A	9.2A	9.3A
Module Efficiency	15.5 %	16 %	16.2 %	16.5 %	16.8 %	17 %

\* MPP: Maximum Power Point  
 \*\* STC (Standard Test Conditions): 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5  
 \*\*\* Normal Operating Cell Temperature

**Fuente:** <https://autosolar.pe/paneles-solares-24v/panel-solar-330w-24v-policristalino-era>

**Anexo 3.** Especificaciones técnicas del Regulador empleado

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 250/60	MPPT 250/70	MPPT 250/85	MPPT 250/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48V (Se precisa una herramienta de software para ajustar el sistema en 36V)			
Corriente de carga nominal	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12 V 1a,b)	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24 V 1a,b)	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48 V 1a,b)	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	35A (máx. 30A x con. MC4)		70A (max 30A x MC4 con.)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	250V máximo absoluto en las condiciones más frías 245V en arranque y funcionando al máximo			
Eficacia máxima	99%			
Autoconsumo	Menos de 35mA a 12V / 20mA a 48V			
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Algoritmo de carga	adaptativo multifase			
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C			
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión			
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)			
Humedad	95%, sin condensación			
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth			
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)			
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 V CC, 1 A hasta 60 V CC			
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)			

**Fuente:** <https://autosolar.pe/controladores-de-carga-mppt/controlador-smartsolar-mppt-250v-100a-victron>

**Anexo 4.** Especificaciones técnicas de la batería empleada

	Normal Voltage	12V
	Normal Capacity (100HR)	86.0AH
<b>Terminal Type</b>	Standard Terminal	F9
	Optional Terminal	F6
<b>Container Material</b>	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS(UL94:VO)
<b>Rated Capacity</b>	80.4 AH/4.02A	(20hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	75.0 AH/7.50A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	65.8 AH/13.2A	(5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	59.6 AH/19.9A	(3hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	48.5 AH/48.5A	(1hr, 1.60V/cell, 25°C / 77°F)
<b>Max Discharge Current</b>	900A (5s)	
<b>Internal Resistance</b>	Approx 6.6mΩ	
<b>Discharge Characteristics</b>	Operating Temp. Range	Discharge: -15 ~ 50°C (5 ~ 122°F)
		Charge: 0 ~ 40°C (5 ~ 104°F)
		Storage: -15 ~ 40°C (5 ~ 104°F)
	Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)
	Cycle Use	Initial Charging Current less than 22.5A. Voltage 14.4V ~ 15.0V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -30mV/°C
	Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage 13.5V ~ 13.8V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -20mV/°C
	Capacity affected by Temperature	40°C (104°F) 103% 25°C (77°F) 100%

**Fuente:** <https://autosolar.pe/baterias-agm-12v/bateria-agm-250ah-ultracell-12v-frontal>

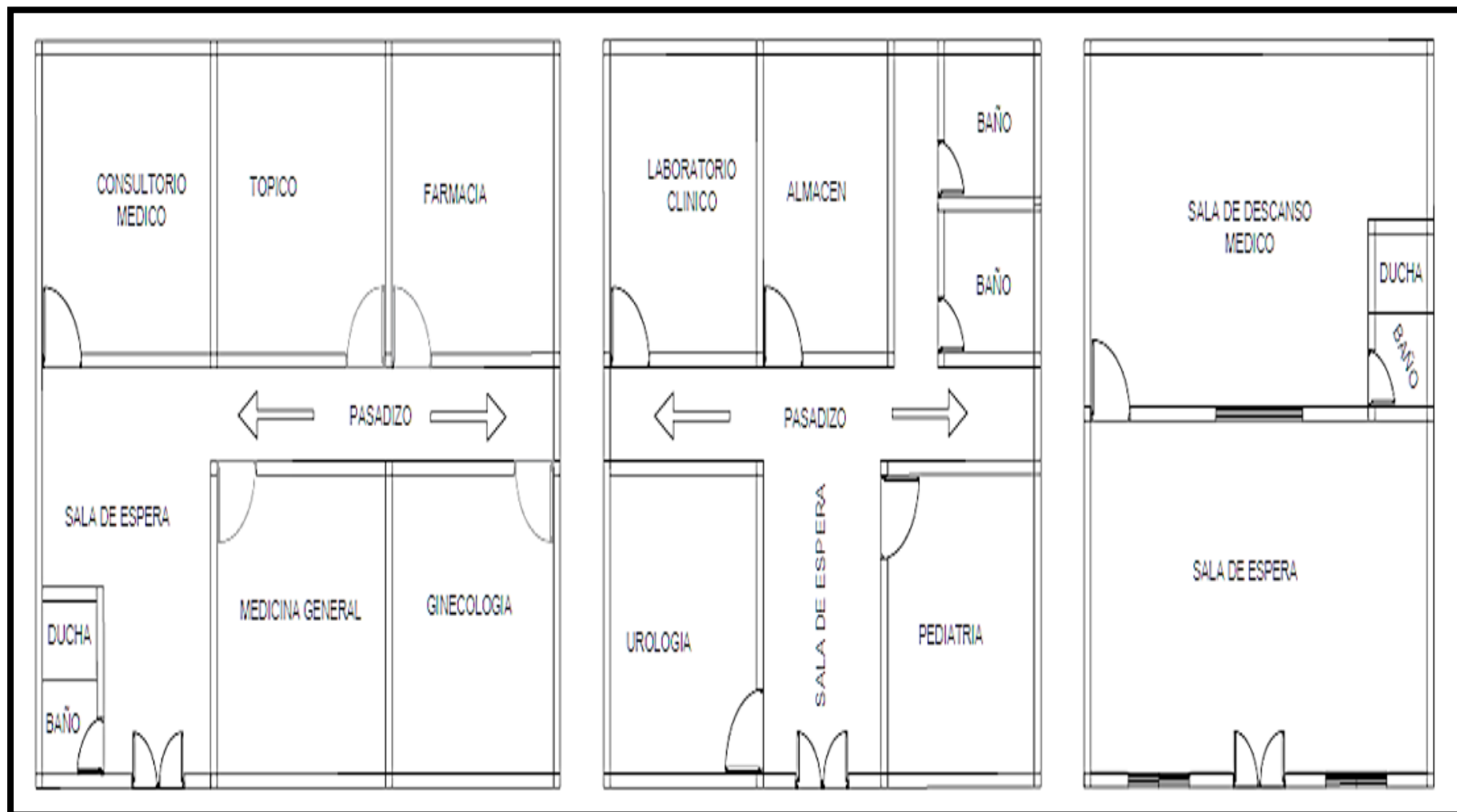
**Anexo 5.** Especificaciones técnicas del Inversor empleado

Inversor Phoenix	C12/1200	C12/1600	C12/2000	12/3000	24/5000
	C24/1200	C24/1600	C24/2000	24/3000	48/5000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Sí				
<b>INVERSOR</b>					
Rango de tensión de entrada (V DC)	9,5 - 17V 19 - 33V 38 - 66V				
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)				
Potencia cont. de salida 25°C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Potencia cont. de salida 25°C (W)	1000	1300	1600	2400	4000
Potencia cont. de salida 40°C (W)	900	1200	1450	2200	3700
Potencia cont. de salida 65°C (W)	600	800	1000	1700	3000
Pico de potencia (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Eficacia máx. 12/ 24 /48 V (%)	92 / 94 / 94	92 / 94 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10 / 12	8 / 10 / 12	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35
Consumo en vacío en modo AES (W)	5 / 8 / 10	5 / 8 / 10	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30
Consumo en vacío modo Search (W)	2 / 3 / 4	2 / 3 / 4	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15

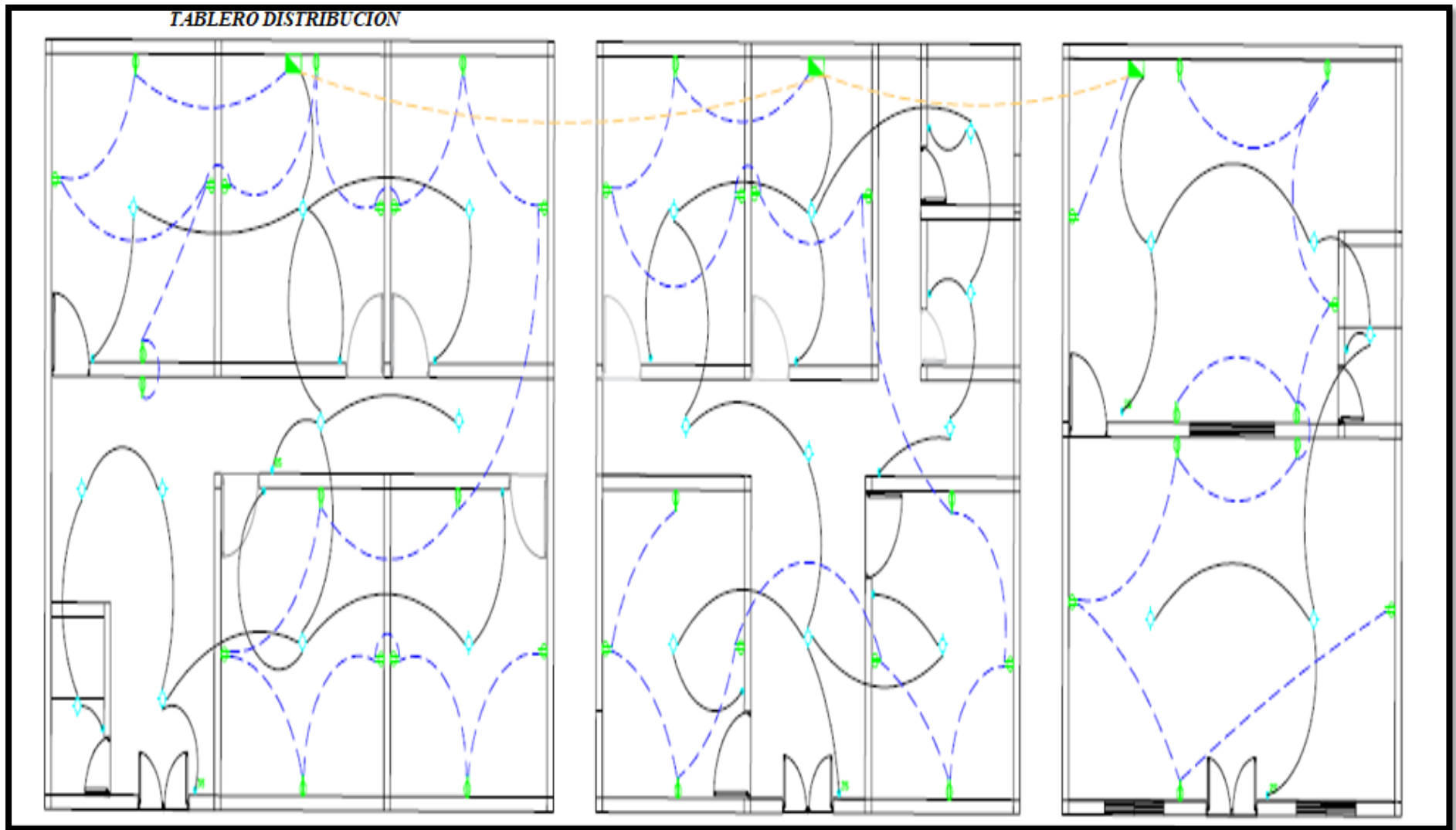
**Fuente:** <https://autosolar.pe/inversores-48v/inversor-victron-phoenix-48v-3000va>

Anexo 6 . Planos de la posta medica Urakusa

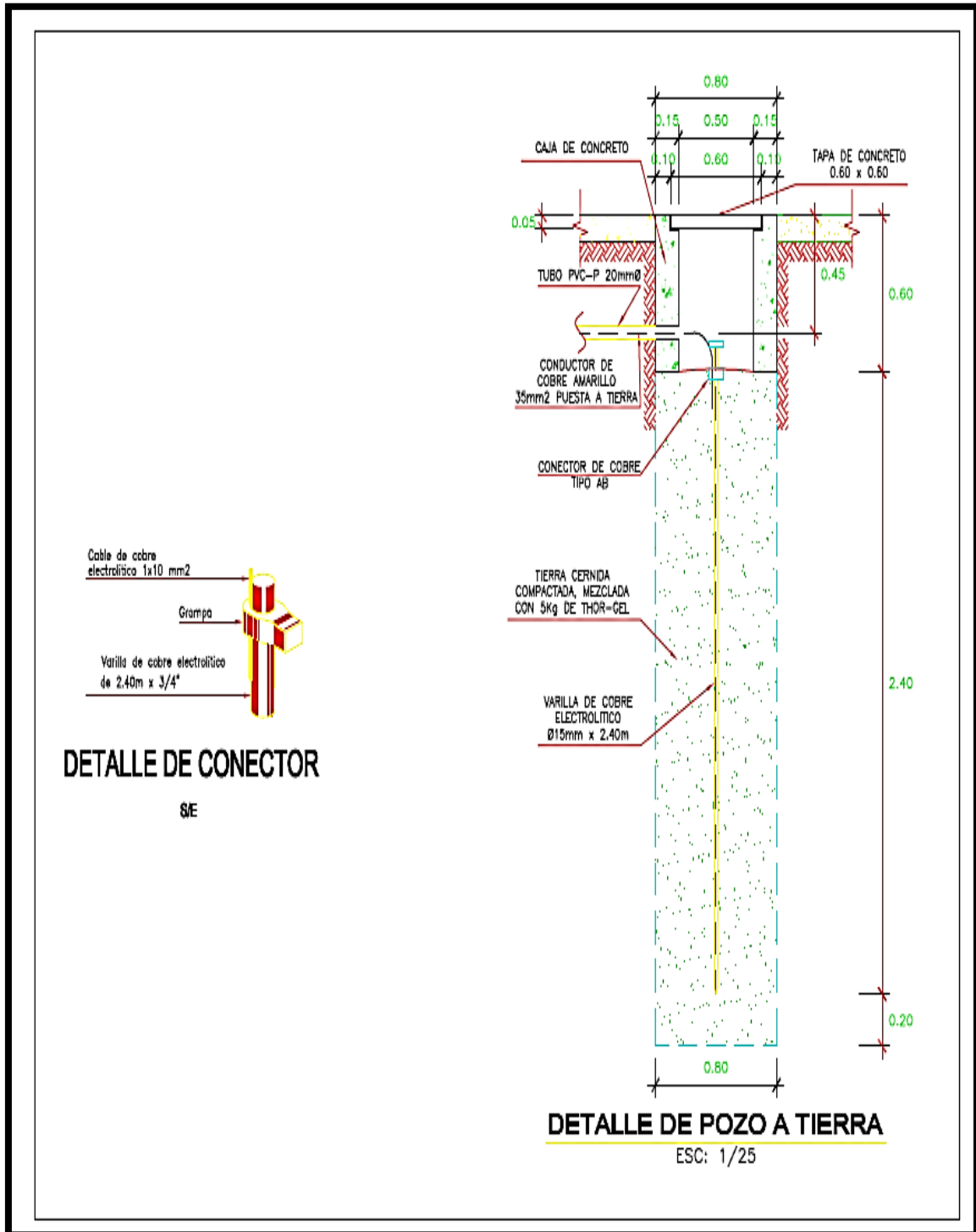
a) Plano arquitectónico



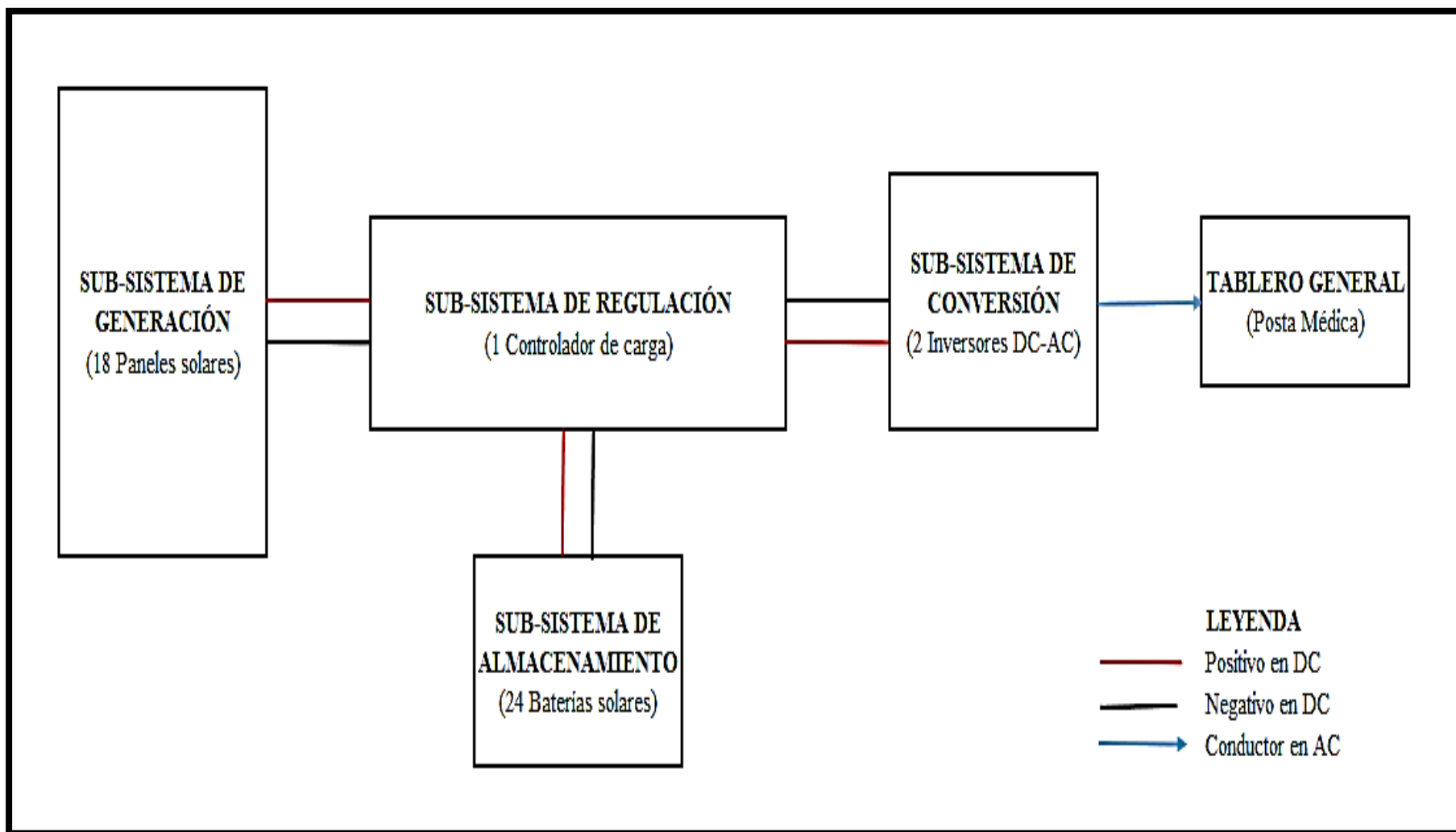
b) Plano eléctrico



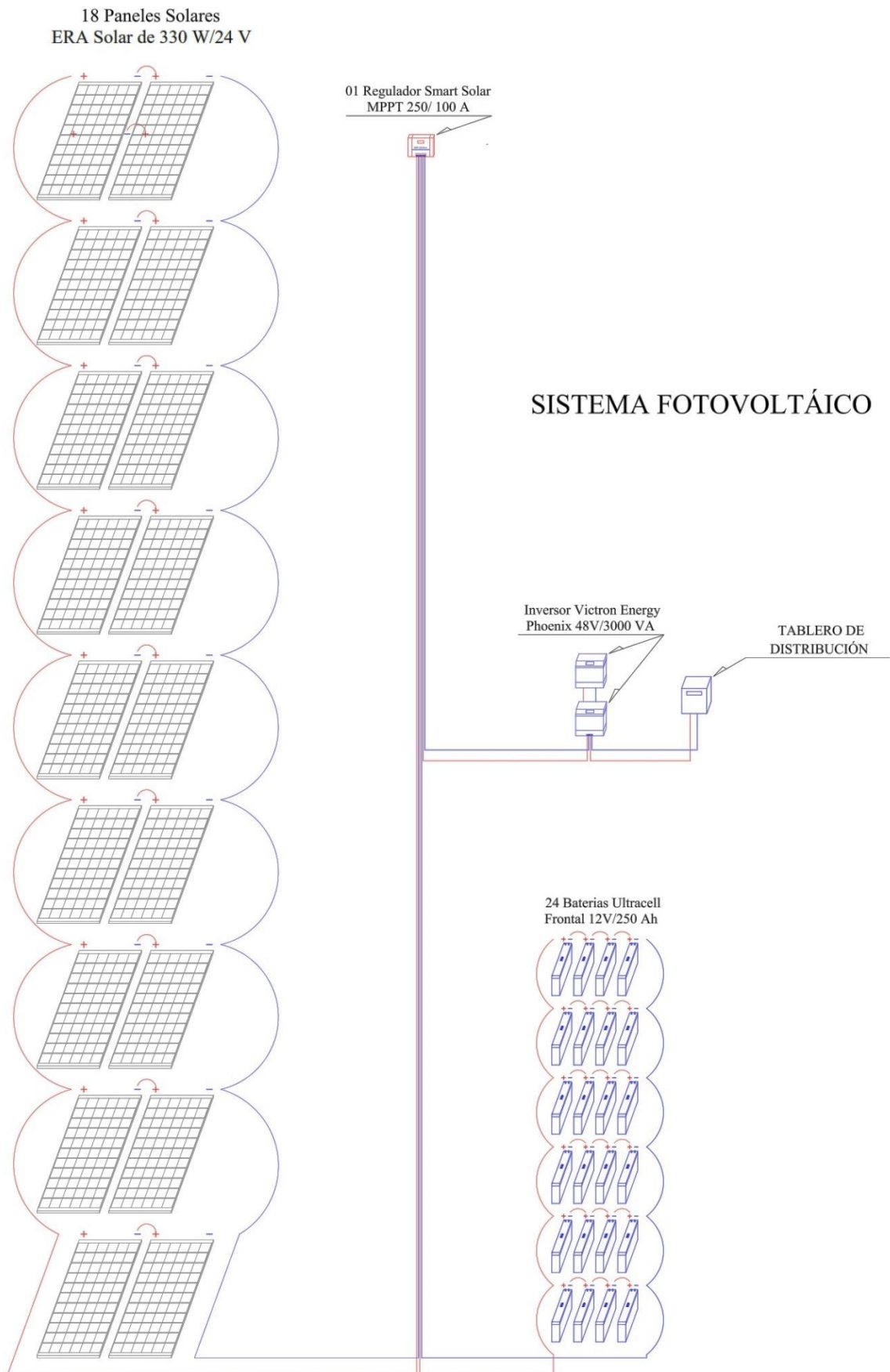
Anexo 7. Puesta a tierra



Anexo 8. Diagrama del sistema propuesto para la posta médica Urakusa



**Anexo 9.** Diseño de Sistema Fotovoltaico para el proyecto





Anexo 10. Fotografías de la posta médica Urakusa

