



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Diseño de una central fotovoltaico para generar energía eléctrica al anexo El Cardon  
Caserio Pueblo Nuevo Distrito de San Juan Cajamarca 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

**AUTOR:**

Br. Valdivia Castrejón, Marcial (ORCID: 0000-0002-6513-9228)

**ASESORES:**

Ms. Pedro Demetrio Reyes Tassara (ORCID: 0000-0002-0395-7065)

Dr. Aníbal Jesús Salazar Mendoza (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, transmisión y distribución de energía.

CHICLAYO – PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por ser mi ser supremo. A mi amada madre por su inmenso amor a mi padre que hoy en vida esta, mis hijos Kiara Mabel , Cristofer Patrick y a mi esposa, por su amor y paciencia.*

*Asimismo, a mis hermanos, familiares y amigos que se involucraron en esta senda y me brindaron incondicionalmente su apoyo para cumplir con mi meta.*

**Valdivia Castrejón Marcial**

## **AGRADECIMIENTO**

*A la Universidad Cesar Vallejo Filial Chiclayo, por haber aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno Científico para poder estudiar mi Carrera Profesional. Un agradecimiento especial a las personas Que me han proporcionado toda la información necesaria para elaborar este trabajo.*

**Valdivia Castrejón Marcial**

## **PÁGINA DEL JURADO**

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Marcial Valdivia Castrejón, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 46993642, con el trabajo de investigación titulada,

"DISEÑO DE UNA CENTRAL FOTOVOLTAICO PARA GENERAR ENERGIA ELECTRICA AL ANEXO EL CARDON CASERIO PUEBLO NUEVO DISTRITO DE SAN JUAN CAJAMARCA 2019"

**Declaro bajo juramento que:**

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 03 de julio, 2020

Nombres y apellidos: Marcial Valdivia Castrejón

DNI : 46993642

Firma :



## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PÁGINA DEL JURADO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad Problemática.....	1
1.2. Trabajos Previos.....	3
1.3. Teorías Relacionadas al Tema.....	5
1.4. Formulación del Problema.....	19
1.5. Justificación del Estudio.....	19
1.6. Hipótesis.....	20
1.7. Objetivos.....	20
II. MÉTODO.....	21
2.1 Diseño de investigación.....	21
2.2 Variables, Operacionalización.....	21
2.3 Población y muestra.....	22
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	22
2.5 Métodos de análisis de datos.....	23
2.6 Aspectos éticos.....	23
III. RESULTADOS.....	24

3.1. Determinar la demanda del anexo del caserío. ....	24
3.2. Diseñar un sistema fotovoltaico que abastezca la demanda de energía eléctrica del anexo del caserío. ....	32
3.3. Evaluar económicamente el sistema diseñado por medio de los evaluadores TIR y VAN. ....	45
IV. DISCUSIÓN .....	50
V. CONCLUSIONES .....	52
VI. RECOMENDACIONES .....	53
REFERENCIAS .....	54
ANEXOS.....	59
Anexo 01.- Caída de tensión .....	60
Anexo 02.- Fichas técnicas de componentes fotovoltaicos.....	69
Anexo 03.- Vista fotográfica y ubicación del proyecto .....	74
ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS. ....	75
REPORTE TURNITIN.....	76
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL.....	77
AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de lotes para determinar máxima demanda. Fuente: Propia. ....	24
Tabla 2. Crecimiento poblacional. Fuente: Propia. ....	26
Tabla 3. Cantidad de habitantes promedio por vivienda. Fuente: Propia. ....	26
Tabla 4. Aumento de lotes según indicadores para provincia de Cajamarca. Fuente: Propia. .....	27
Tabla 5. Aumento proporcional de la demanda según cantidad de lotes. Fuente: Propia. .	28
Tabla 6. Cálculo de energía consumida en kWh por luminarias en el año 20. Fuente: Propia. .....	29
Tabla 7. Cálculo de cantidad de luminaires para el año 20. Fuente: Propia. ....	29
Tabla 8. Cálculo de potencia por año considerando potencia por lote, potencia por luminaria y pérdida de potencia. Fuente: Propia. ....	30
Tabla 9. Consumo de energía mensual según año. Fuente: Propio. ....	31
Tabla 10. Coordenadas del centro del anexo. Fuente: Propia. ....	32
Tabla 11. Promedios de radiación por mes del año 2018. Fuente: Propia. ....	32
Tabla 12. Horas solares pico. Fuente: Propia. ....	33
Tabla 13. Valores aconsejados de los factores y condiciones para calcular el factor global de rendimiento. Fuente: (Cantos Serrano, 2016 pág. 86). ....	34
Tabla 14. Valores seleccionados para el cálculo del factor global de rendimiento. Fuente: Propia. ....	34
Tabla 15. Energía de diseño. Fuente: Propia. ....	34
Tabla 16. Potencia del campo solar. Fuente: Propia. ....	36
Tabla 17. Cantidad de paneles en paralelo. Fuente: Propia. ....	36
Tabla 18. Cálculo de capacidad del banco de baterías considerando los días de autonomía. Fuente: Propia. ....	37
Tabla 19. Capacidad del sistema acumulador. Fuente: Propia. ....	38
Tabla 20. Características del sistema en su conjunto. Fuente: Propia. ....	39
Tabla 21. Características para seleccionar el inversor. Fuente: Propia. ....	40
Tabla 22. Características para selección del inversor. Fuente: Propia. ....	40
Tabla 23. Distancia entre paneles. Fuente: Propia. ....	42
Tabla 24. Caídas de tensión permisible en sistemas fotovoltaicos. Fuente: IDAE. ....	42
Tabla 25. Caída de tensión considerada para el cálculo. Fuente: Propia. ....	42
Tabla 26. Caídas de tensión para ramales del sistema fotovoltaico. Fuente: Propia. ....	44

Tabla 27. Caídas de tensión en ramales de las baterías. Fuente: Propia.....	45
Tabla 28. Costos de materiales para instalación de sistema fotovoltaico. Fuente: Propia.	45
Tabla 29. Costos de instalación del sistema fotovoltaico. Fuente: Propia. ....	45
Tabla 30. Pliego tarifario BT5B. Fuente: Osinerming.....	46
Tabla 31. Venta de Energía según el año de proyección para el sistema fotovoltaico. Fuente: Propia. ....	47
Tabla 32. Balance de caja según la inversión y los ingresos del sistema. Fuente: Propia..	47
Tabla 33. Evaluadores económicos para el sistema fotovoltaico. Fuente: Propia. ....	48
Tabla 34. Diferencia entre los montos que requiere la central, el monto que deberá proveer la entidad y el monto con el que se evalúa los indicadores económicos. Fuente: Propia. .	48
Tabla 35. Flujo de caja para nuevas inversiones. Fuente: Propia.....	49
Tabla 36. Evaluadores económicos con nueva inversión económica. Fuente: Propia.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Espectro Electromagnético. Fuente: Espectro electromagnético.....	6
Figura 2. Espectro de radiación solar al nivel del mar. Fuente: Radiación solar invisible y arquitectura.....	7
Figura 3. Meridiano Celeste. Fuente: Miranda Escobar, 2016, P. 2. ....	8
Figura 4. Trayectoria de la tierra alrededor del sol. Fuente: Miranda Escobar, 2016, p. 6. ....	9
Figura 5. Tipos de Radiación. Fuente: Miranda Escobar, 2016, p. 8.....	10
Figura 6. Celda Fotovoltaica. Fuente: Inguanzo Saucedo.....	14
Figura 7. Horas Pico Solares. Fuente: Valdivieso Salas, 2014, p. 7.....	15
Figura 8. Fabricación de un panel fotovoltaico. Fuente: Valdivieso Salas, 2014, p. 7.....	16
Figura 9. Distancia entre paneles. Fuente: Valdivieso Salas, 2014, p. 12.....	17
Figura 10. Tasa de crecimiento intercensal promedio. Fuente: (Mendoza Alcantara, y otros, 2009 pág. 64).....	25
Figura 11. Fracción de tabla de viviendas por provincia en Cajamarca. Fuente: (Mendoza Alcantara, y otros, 2009 pág. 96). ....	26
Figura 12. Extracto de normativa para determinar demanda de zona rural tipo II. Fuente: (DGE - MEN, 2003 pág. 3). ....	27
Figura 13. Extracto de la tabla de características técnicas del panel solar BaguerEnergy 370W monocristalinos. Fuente: Ficha técnica de Panel solar BaguerEnergy 370W. ....	35
Figura 14. Conexión en serie de baterías para alcanzar voltaje del sistema. Fuente: Propia. ....	39
Figura 15. Distancia mínima entre paneles solares. Fuente: Propia. ....	41

## RESUMEN

La presente investigación se realiza sobre la problemática de la falta de energía eléctrica en el anexo Cardón donde ya se inteso por medio de trámites y pedidos que este anexo logre conectarse a la red de electricidad y no se consiguió hasta el día de hoy por lo que con esta investigación se logra desarrollar el diseño de un sistema fotovoltaico que suministre energía eléctrica a dicho anexo de manera autónoma, la inversión de dicho sistema viene a ser demasiado elevada debido a la poca radiación de la zona pero al ser para un bien social esta inversión puede ser cubierta por una institución gubernamental o ONG lo que si daría indicadores económicos positivos.

**Palabras clave:** Paneles Fotovoltaicos, Baterías Fotovoltaicas, Generación de energía.

## **ABSTRACT**

The present investigation is carried out on the problem of the lack of electrical energy in the Cardón annex where it is already intensified through procedures and requests that this annex manages to connect to the electricity network and was not achieved until today so With this research it is possible to develop the design of a photovoltaic system that supplies electricity to said annex autonomously, the investment of said system becomes too high due to the low radiation of the area but since this investment is for a social good it could be covered by a government institution or NGO which would give positive economic indicators.

**Keywords:** Photovoltaic panels, photovoltaic batteries, power generation

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Realidad Problemática**

### **Internacional**

La demanda eléctrica en la actualidad ha crecido a un nivel demasiado elevado, llegando al punto en el cual se referencia el desarrollo social de un país con el consumo de energía en su matriz energética. Esto se debe en gran medida al desarrollo del sector industrial que no puede desligarse en lo absoluto del consumo eléctrico, ahora bien, aun teniendo un gran desarrollo en el sentido de generación eléctrica aun en la actualidad la dependencia de combustibles fósiles sigue existiendo y de manera elevada, aunque a medida que pasa el tiempo su extracción se vuelve más difícil teniendo esto como respuesta el aumento en los costos del combustible como de sus productos derivados (ISTAS pág. 2).

De acuerdo a lo anterior, el incremento en el consumo de energía, asociado a un aumento general de producción y consumo de bienes a nivel global, resulta ser uno de los elementos claves en el debate en la materia. En términos concretos, este aumento significó el paso de un consumo total mundial de 4674 MTOE (Million Tons of Oil Equivalent/Millón de Tonelada equivalente de petróleo, por su acrónimo en inglés, unidad de energía equivalente a 11630000000 Kilowatts/hora) en el año 1973 a 8918 MTOE en el año 2011 (International Energy Agency 2013). Es decir, prácticamente se duplicó el consumo mundial de energía en casi 40 años. Del consumo total señalado para 1973, un 48.1% corresponde a petróleo, 13.7% a carbón y derivados, un 13.2% a biocombustibles, un 14% de gas natural un 9.4% a electricidad y solo un 6% a “otras energías” (energías renovables no convencionales, tales como solar, eólica, etc.) Mientras que para el consumo total del año 2011, corresponde un 40.8% a petróleo, un 10.1% a carbón y derivados un 15.5% de gas natural, un 12.5% a biocombustibles, un 17.7% a electricidad y “otras energías” a 3.4% (ERNC) (Romero R., 2015 pág. 11).

En el sector energético a nivel mundial se ha experimentado una etapa de transición destinada a mantener una sociedad en un constante desarrollo a través del suministro eléctrico competitivo, fiable y seguro. La disminución significativa en el costo de las tecnologías renovables fue una serie de sucesos que impactaron en el sector energético

en la última década, por ello el descubrimiento de fuentes nuevas de gas natural (gas de esquisto) de la mano con el desarrollo tecnológico, etc. Por ello a una gran cantidad de países se les ha permitido descarbonizar el sector, incrementar la seguridad energética y reducir la dependencia del valor de combustibles (Osinergmin, 2017 pág. 14).

### **Nacional**

Uno de los problemas constantes es la falta de una fuente de generación eléctrica ya que en las zonas rurales por motivo de que éstas se encuentran a grandes distancias de las amplias y voluptuosas represas que proveen a ciudades de una amplia importancia. Siendo la electricidad un recurso básico el delimitar el acceso a este recurso crea barreras sociales que logran impedir que se desarrollen poblacionales y comunidades rurales por lo tanto se requieren buscar siempre sistemas de generación de electricidad que se puedan dar de una forma aislada y/o autónoma en el consumo relativo en baja potencia. En la actualidad existen varias maneras de generar energía eléctrica lamentablemente las de mayor acceso son muy contaminantes como la generación térmica, debido a esto siempre se buscan soluciones que reemplacen estos tipos de generación por fuentes renovables, las que no tienen o presentan un impacto ambiental negativo (Mendoza Yupanqui, 2017 pág. 2).

En la energía solar se muestra el interés por el uso técnico de las energías renovables, dando inicio en el Perú, así mismo sucede en otros países, en la crisis de petróleo dada en los años setenta del siglo pasado, se hizo la tarea en distintas instituciones del país comúnmente en Universidades, en cuanto a capacitación y el desarrollo tecnológico, precisamente en lo consistente al bombeo de agua con molinos de viento, secadores solares de agua para productos agrícolas, calentadores solares de agua (Lagos Gomez pág. 2).

En el Perú las actividades del sector eléctrico son desarrolladas mayormente por el sector privado y el Estado actúa como un agente promotor, a través del Ministerio de Energía y Minas (MEM). El cual a fin de orientar la expansión de la generación el MEM publica Planes Referenciales de Electricidad - PRE los que presentan una visión del desarrollo del subsector electricidad Peruano. El último PRE fue publicado en el año

2012. Desde la aparición en el mercado Nacional del gas natural de Camisea, en el año 2004, la participación de este recurso energético en la generación de energía eléctrica ha aumentado, llegando a representar el 56.97% de la potencia efectiva del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional – SEIN en el año 2016. En vista de esto, es necesario evaluar la composición del parque generador y su proyección, con la finalidad de determinar si el beneficio de la sociedad es el óptimo. La evaluación de la composición del parque generador debe incluir los efectos de los impactos ambientales, ya que están directamente relacionados con el bienestar social (Fiestas Chevez, 2018 pág. 13).

### **Local**

La problemática local radica en lo que se viene menciona anteriormente, el desarrollo de las ciudades en el Perú y el mundo es sindicado por el acceso a energía eléctrica, el poblado de San Juan de Cajamarca no tiene este servicio lo que involucra que el desarrollo del pueblo se ha estancado, teniendo muy poco ingreso económico y una calidad de vida nefastas, desde la carencia del resto de servicios que trae de manera constante el desarrollo de un pueblo como educación, salud, comercio o industria, como la inseguridad con la que se vive debido a la falta de iluminación en la noche volviendo a los pobladores vulnerables en gran medida a los delitos por parte de abigeos o ladrones que aprovechan la noche para perpetrar sus delitos. El servicio se estanca debido a que las redes de distribución no llegan a la localidad, teniendo aun en su respaldo energías alternativas que actualmente debido a la necesidad de dejar de depender de combustibles fósiles han vuelto una alternativa razonable para poblados como San Juan.

### **1.2. Trabajos Previos**

**Millaray Alejandra (2016)** en su Tesis Titulada “Diseño de sistema de generación fotovoltaica para viviendas conectadas a la red de distribución” para el Título de Ingeniero Mecánica Eléctrica alega que se ha determina un método de diseño para instalaciones de generación fotovoltaica aplicado directamente a residencias particulares de vivienda, en las viviendas el cliente es un generador potencial que puede generar energía que en el momento que sobrepase la demanda de la vivienda puede que se inyecte a la red eléctrica por ello se le reconoce una compensación económica, cabe mencionar que este trabajo se puede aplicar en un futuro cercado a

otro tipo de vivienda como por ejemplo oficinas, departamentos, hospitales, escuelas, hoteles y demás variedad de edificaciones. En este aspecto las magnitudes de consumo de energía y las operaciones de vivienda o desarrollo social cambian completamente de tal forma que se puede llegar a soluciones muy convenientes en lo que se refiere a los paneles y sus implementos para este sistema fotovoltaico.

**Alejandra Escobar (2016)** en su trabajo de investigación con Título de “Diseño de sistema fotovoltaico para generación fotovoltaica para viviendas conectadas a la red de distribución” presentado para la obtención del Título de Ingeniera Mecánica y Eléctrica analiza que los sistemas fotovoltaicos en las residencias será rentables si es que se utilizan metodología que sea confiable para determinar el sistema fotovoltaico adecuado en baja potencia, determinadas por las características de cada país. En base a los resultados las recomendaciones con las cuales se optimizará económicamente estas soluciones. Conjuntamente se analiza el costo de los sistemas fotovoltaicos así como el costo de energía de la concesionaria local que distribuye dicha energía y los apoyos monetarios debido a la contribución con la generación limpia de energía. Este análisis se realiza con la finalidad de determinar en qué escenarios serian rentables los proyectos fotovoltaicos para los clientes de la red de distribución eléctrica.

**Gustavo Gonzales (2014)** en su investigación “Estudio, diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna Puerto Roma” para adquirir el Título de Ingeniero Mecánico en el presente trabajo propone que debido a la falta de energía eléctrica en la comuna Puerto Roma, se ejecutó el estudio e implementación de un sistema de energía renovable que sea de gran ayuda para varias familias de este sector para los que no cuentan con el mencionado servicio. Los sistemas que se han desarrollado hasta el momento permiten un buen suministro de energía eléctrica renovable, en la parte de instalación eléctrica que se construye desde las redes de distribución, hasta las instalaciones del usuario, se ha tomado en cuenta su conformación de dicho sistema con los siguientes componentes; punto de alimentación, interruptor general, un armario de medidores o caja para equipo de medición.

En el trabajo de investigación “Diseño de una central fotovoltaica para suministrar energía eléctrica al centro poblado Las Pozas” presentado por **Vásquez (2017)** para adquirir el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, hace mención al aporte que propone a la provincia de Lambayeque de cubrir la demanda del servicio de electricidad, al suministrar energía eléctrica mediante una central Fotovoltaica, para dicha demanda se elaboró encuestas a los habitantes del centro poblado, así mismo para la evaluación del recurso solar se utilizó una tabla que por medio de la latitud y longitud se obtuvo la radiación promedio para cada mes durante 1 año.

**Odar (2016)** en su investigación “Electrificación rural fotovoltaica para suministrar energía eléctrica al caserío Paredones, distrito de Chongoyape” para obtener el Título de Ingeniero Mecánico Eléctrico, manifiesta que la energía solar hoy en día es una de las técnicas demasiadas limpias en lo que se refiere a producción de energía así mismo conforman uno de los métodos más sencillos que se pueden utilizar para convertir la energía del sol en energía eléctrica, la cual es muy aprovechable en sitios lejanos a redes convencionales, sin que esta transformación genere subproductos dañinos para el medio ambiente. Por ello se plasma en este trabajo el desarrollo de un proyecto con la finalidad de implementar un sistema que utilice energía solar para la producción de energía eléctrica brindando así el servicio eléctrico al caserío “Predones”, del distrito de Chongoyape, así mismo recalamos las etapas de cálculo y diseño de cómo será desarrollado este proyecto. Principalmente se realiza una indagación en cuanto a la conservación de la energía solar en electricidad a través de centrales térmicas solares y celdas solares, seguidamente se estudia el funcionamiento de todos los sistemas fotovoltaicos autónomos, además de las recomendaciones y principales componentes a tener en cuenta la hora de efectuar las dimensiones y seleccionar los material.

### **1.3. Teorías Relacionadas al Tema**

#### **Radiación electromagnética**

Es una onda electromagnética inconstante que se transmite por el espacio llevando energía y cuya peculiaridad por que no requiere de un medio físico para poder transportarse. Esta radiación cubre un espectro que tiene longitudes de ondas entre  $10^{-5}$  metros consideradas muy cortas hasta longitudes extremadamente largas

llegando a decenas de metros (Radiacion solar invisible y arquitectura, 2017 pág. 117).

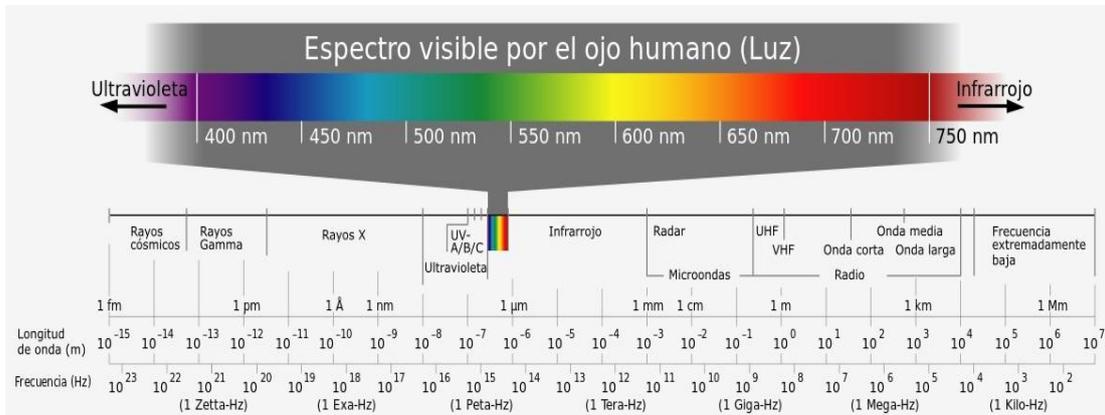


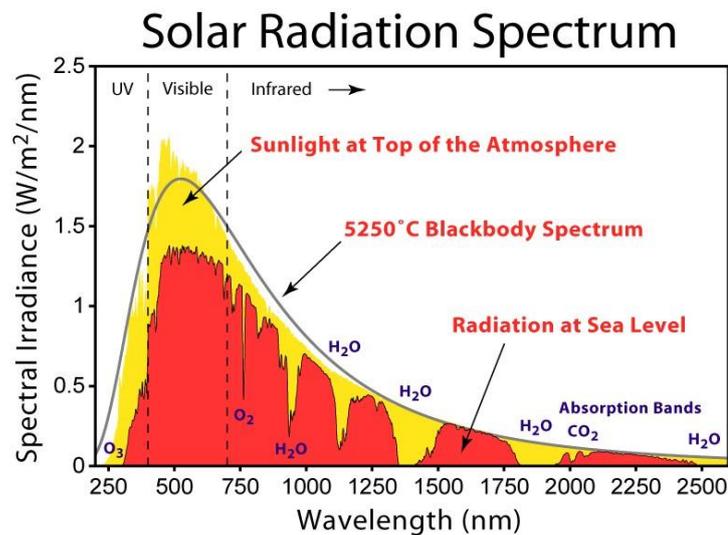
Figura 1. Espectro Electromagnético. Fuente: Espectro electromagnético.

Si queremos conformar la radiación manifestadas por un cuerpo, este es el concepto de cuerpo negro que es como se debe utilizar, corresponde a que un cuerpo u objeto pueda absorber la mayor cantidad de energía que recae sobre él, es así que radia en todas las longitudes de onda. Sin embargo los cuerpos que tienen la temperatura mayor a 0 K radia la llamada energía electromagnética, tomando en cuenta que es esta en función de la temperatura de los cuerpos la cantidad de energía (Radiacion solar invisible y arquitectura, 2017 pág. 117).

La longitud de onda que cuenta con la mayor cantidad emitida de energía en un cuerpo negro está manifestada en la ley de Wien (Radiacion solar invisible y arquitectura, 2017 pág. 118).

$$\lambda = \frac{2890}{T}$$

La longitud de onda en  $\mu\text{m}$  es  $\lambda$  y la temperatura  $T$  en K. Al considerar al sol como cuerpo negro y que la temperatura superficial sea 5770 K, si empleamos la ley de Wien obtendremos la máxima radiación dada en una longitud de onda de  $\lambda = 475 \text{ nm}$ . En la siguiente figura 2.2 nos muestra el espectro de radiación a una elevación extraterrestre y a una nivelación del mar, donde oculta un rango cercano de 300 a 2500 nm de longitud de onda. Contando con fornidas bandas de absorción, generadas por el ozono atmosférico,  $\text{CO}_2$ , además del vapor de agua (Radiacion solar invisible y arquitectura, 2017 pág. 118).

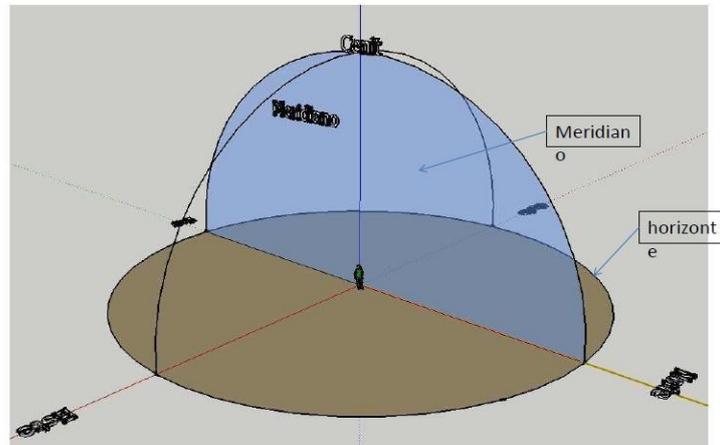


**Figura 2. Espectro de radiación solar al nivel del mar. Fuente: Radiación solar invisible y arquitectura**

### Movimientos de la Tierra

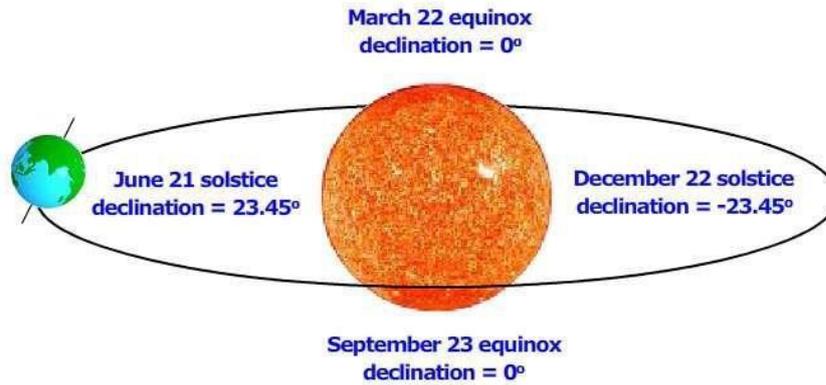
Nos referimos al estudio de los movimientos del sol en el cielo semejante a los movimientos de la tierra, por ello es adecuado precisar los conceptos que serán un beneficio primeramente a la “bóveda celeste” conocida como una esfera custodia con diámetro infinito, cual mitad se encuentra en el observador, seguidamente el “horizonte celeste” siendo la influencia del horizonte observador en la bóveda celeste. En esta representación se define las direcciones cardinales como son: norte, sur, este y oeste, por segunda definición tenemos el “meridiano” celeste del lugar es un plano irreal recto a la horizontal uniendo la dirección norte-sur, otra definición más llamado “Perú celeste” propulsión del Perú terrestre sobre la bóveda celeste. Llamando  $\phi$  a la latitud, ángulo establecido entre el Perú celeste y la horizontal que es  $90^\circ - \phi$ . Interrumpiendo la horizontal precisamente en la dirección este-oeste y como final la eclíptica conducta del sol en la bóveda la bóveda celeste durante 1 año,

vista desde la Tierra. Los puntos Libra y Aries nombrados así porque interrumpen el Perú celeste (Miranda Escobar, 2016 pág. 2).



**Figura 3. Meridiano Celeste. Fuente: Miranda Escobar, 2016, P. 2.**

Mediante el año se da una travesía donde el sol marcha sobre la eclíptica donde acontecen 2 solsticios y 2 equinoccios. En el solsticio de Junio hacia el sol traza el eje de la tierra así mismo la declinación siendo de  $23,45^\circ$ ; sin embargo, el solsticio del 22 de diciembre el descenso del Sol es  $- 23,45^\circ$ , reputando el día más extenso del hemisferio sur y más reducido del hemisferio norte. En el equinoccio, el núcleo terrestre está ubicado frente al Sol, ya que su caída es  $0^\circ$  puesto a que el día y la noche cuentan con igual permanencia para las distintas localidades. Siendo así como el equinoccio de verano anuncia la marcha del invierno a la primavera (el 22 de marzo) y el equinoccio de invierno (el 23 de septiembre), manifiesta la señal del verano al otoño (estaciones para el hemisferio norte (Miranda Escobar, 2016 pág. 6).



**Figura 4.** Trayectoria de la tierra alrededor del sol. Fuente: Miranda Escobar, 2016, p. 6.

### Coordenadas Celestes

Estructura de coordenadas determinadas por absolutas y definidas por el ecuador celeste y el punto Aries, haciendo empleo de los ángulos que sirven para especificar ángulo horario (AH) y la declinación ( $\delta$ ) determinando la postura de un objeto (Miranda Escobar, 2016 pág. 7).

La ascensión recta o ángulo horario, se mide a partir del punto Aries orientado al este a lo largo del Perú celeste, se mide en un sistema de horas de cero a veinticuatro horas donde cada hora equivale a quince grados. Cuando se tiene el sol en el meridiano el ángulo horario es igual a cero horas y a medianoche. La declinación se toma como el ángulo entre el objetivo y el Perú, este se mide en grados desde el cero hasta noventa en el hemisferio norte y de cero a noventa grados negativos en el hemisferio sur (Miranda Escobar, 2016 pág. 7).

El cálculo de la declinación en grados para cierto momento y lugar del año se establece bajo la siguiente ecuación:

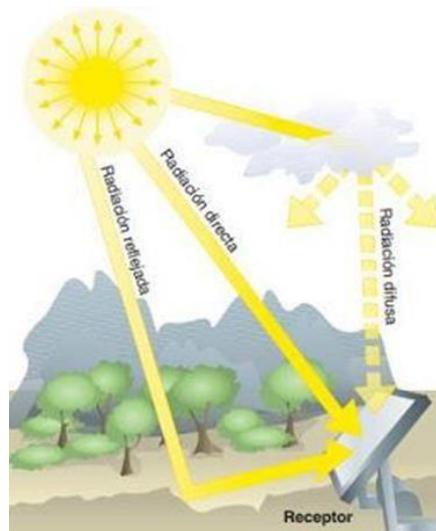
$$\delta = 23,45^\circ \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot (d - d_{\text{av}})}{365,25}\right)$$

## Recurso solar

Dependiendo de la incidencia se determina la radiación solar de la superficie de la tierra, a continuación presentada las formas (Miranda Escobar, 2016 pág. 8).

- Refulgencia directa: dotada precisamente del sol señalada por proporcionar sombras definidas.
- Radiación difusa: alcanza la superficie terrestre siendo impregnada y descentralizada debido a la atmosfera que se encuentra hasta la superficie terrestre.
- Refulgencia reflejada: plasmada por medio de los elementos y obstáculos de la superficie terrestre dependiendo del coeficiente de consideración del albedo.

La adición de las 3 formas de refulgencia “radiación global”, pues comúnmente se desprecia la radiación difusa puesto al menor apoyo a la radiación.



**Figura 5. Tipos de Radiación. Fuente: Miranda Escobar, 2016, p. 8**

Los gráficos perpendiculares de los rayos del sol salidos de la atmósfera, se denomina al valor promedio de la intensidad en cuanto a radiación solar es de  $1353 \text{ W/m}^2$ , comúnmente llamado “constante solar”. Pero la intensidad de la radiación según el nivel de la tierra obedece de varios factores astronómicos de los cuales tenemos latitud, día y hora en que ocurre la radiación y la nubosidad del cielo;

mayormente es bastante predecible para días que se encuentran sin nubes (Miranda Escobar, 2016 pág. 8).

## **Celdas Fotovoltaicas**

### **i. Efecto fotoeléctrico**

A finales del siglo XIX los físicos Hallwachs y Hertz fueron los primeros que pudieron las emisiones de electrones en metales iluminados con una onda de luz a una frecuencia establecida. El efecto fotovoltaico es el proceso por el cual un material puede liberar electrones debido a que recibe una radiación también se le conoce como emisión fotoeléctrica (Inguanzo Saucedo, y otros, 2016 pág. 6).

Las principales características son:

- En cada sustancia siempre existe una frecuencia de umbral que es la mínima frecuencia de radiación electromagnética para que se generen fotoelectrones sin importar que tan intensa sea la radiación solar.
- Cuando la radiación sobre el metal se incrementa también lo hace de la misma forma la emisión de electrones, debido a que existe más energía a disposición para liberar más electrones.

Debido a los enlaces metálicos en los átomos de los metales los electrones se mueven en un sentido más o menos libre, estos electrones se mueven en un océano de ellos mismos y logran escaparse del metal a temperaturas relativamente normales debido a que los enlaces no tienen energía suficiente para sujetarlo a su red cristalina. El calentar el metal es una manera de aumentar su energía teniendo o formando termiones que son electrones evaporados debido al aumento de la energía en el metal, este tipo de emisiones se encuentran en las válvulas electrónicas. Así se puede determinar que el aumento de energía logra liberar electrones y al ser radiado por luz es decir ondas electromagnéticas, la energía en los metales también aumenta al liberar electrones estos toman el nombre fotoelectrones (Inguanzo Saucedo, y otros, 2016 pág. 6).

## **ii. Juntura NP**

La junta NP es una junta que constituyen a los materiales semiconductores, en estos materiales los huecos establecen el material tipo P mientras que los electrones libres establecen el material N. Estos dos materiales se cargan cada uno de maneras opuestas, de manera negativa al ser sobrecargados con electrones y de manera positiva al tener ausencia de ellos. El proceso de difusión no se realiza hasta alcanzar una concentración de manera uniforme en todo el volumen del material debido a que tanto los electrones como los huecos son partículas cargadas. El proceso de difusión no se logra en su totalidad debido a que las cargas son portadores de iones lo que hace que estos sigan ligados a la red. Los iones son quienes originan el campo eléctrico dirigido hacia el semiconductor tipo P desde el semiconductor tipo N y que el primero está cargado negativamente y el segundo positivamente (Negron Llacuchaqui, y otros, 2017 pág. 12).

## **iii. Célula Fotovoltaica**

El efecto fotoeléctrico se puede explicar de la siguiente manera cuando la luz recae sobre un material y los fotones transfieren energía a los electrones de dicho material alguno de estos electrones suele romper la barrera de potencial y son lanzados afuera del material con ayuda de un circuito exterior. De esta manera se produce corriente eléctrica cuando los electrones que fueron expulsados por fuera del material recorren un circuito hasta retornar al material por la cara opuesta, el material que puede producir este proceso lleva el nombre de semiconductor.

Solo la característica de la unión P-N de los semiconductores puede hacer posible que exista un campo eléctrico en cada célula, con el sentido del lado n hacia el p, que divide la dualidad hueco-electrón: las cargas positivas (los huecos) son dirigidos al contacto de la polaridad “p” lo que genera que se puede extraer un electrón del metal que conforma el contacto. Las cargas negativas (los electrones) son direccionado al contacto de polaridad “n” introduciéndolo al metal. Lo que logra y establece la permanencia de una corriente eléctrica en un circuito exterior al semiconductor, así es como se establece también el funcionamiento de una célula eléctrica como un sistema de generación de energía eléctrica por la radiación

fotovoltaica. Una célula solar en ninguna de sus configuraciones puede o logra almacenar energía eléctrica como otros componentes por ejemplo la batería o acumulador, la única función que cumple la célula solar o fotovoltaica es la de transformar la energía luminosa o como se ha venido explicando el espectro electromagnético de la onda de luz en energía eléctrica siempre y cuando esta onda electromagnética logra cumplir con las frecuencias apropiadas, solo bajo estas frecuencias se logra el efecto fotovoltaico dependiendo siempre sea el caso del tipo de material semiconductor utilizado para construir la célula solar (Inguanzo Saucedo, y otros, 2016 pág. 8).

#### **iv. Celdas FV**

Estas están formadas por juntas de material semiconductor PN de gran tamaño, las que se diseñan para recibir la radiación solar por lado del semiconductor N. Al caer la radiación sobre la celda algunos electrones que se encuentran en las últimas capas de valencia de material semiconductor tipo N, son atraídos debido al campo eléctrico y pasan a ser conducidos yendo hacia el lado P, al conectar una carga eléctrica los electrones pasan a través de ella fluyendo y creando una corriente eléctrica. Las celdas fotovoltaicas cuentan con conductores que se colocan para capturar los electrones libres hacia la salida de la celda fotovoltaica y poder ser aprovechada, estos son hechos de cobre o algún material conductor. Los electrones que son arrancados y no son convertidos en corriente eléctrica se recombinan teniendo o generando pérdidas debido a esta recombinación es decir que se unen a los huecos así se pierde el material semiconductor, estas pérdidas pueden disminuirse al reducir el espesor de sus materiales (Inguanzo Saucedo, y otros, 2016 pág. 8).

Una característica que se puede apreciar en la celda fotovoltaica es la eficiencia cuántica que explica que tan probable que el fotón que incide en la celda pueda ser absorbido y dejar libre un electrón a cambio para poder ser utilizado como corriente eléctrica. Esta eficiencia disminuye mientras más delgado sea la celda fotovoltaica, disminuyendo la eficiencia misma de la celda estableciendo una relación inversa entre la eficiencia cuántica y las pérdidas por recombinación. Uno de los métodos para aumentar la eficiencia cuántica y no aumentar las pérdidas generadas por la recombinación de electrones es cubrir el material semiconductor P con un material

reflectante así se duplica el espesor de la celda y se logra que el fotón tenga una segunda chance de ser absorbido por el material semiconductor (Inganzo Saucedo, y otros, 2016 pág. 8).

### **La Figura ilustrada es una celda fotovoltaica**



**Figura 6. Celda Fotovoltaica. Fuente: Inganzo Saucedo.**

#### **v. La temperatura y su efecto en el rendimiento**

Así como en todo tipo de tecnología que se incluya materiales semiconductores debido a las propiedades del mismo material que es sensible a la temperatura la tecnología en la que se use el material también será sensible al cambio de temperatura. Al aumentar la temperatura la banda prohibida del material semiconductor se reduce afectando así gran parte de los parámetros del material. La disminución de la que se habla puede ser vista desde el material como un aumento de energía en los electrones del material así para poder romper el enlace de dichos electrones se requerir una energía más baja de la usual. En el tipo de enlace atómico que tiene un material semiconductor la reducción de energía de enlace reduce también la banda prohibida por lo que el aumento de temperatura reduce dicha bamba. En una celda solar la característica que más se afecta por al elevarse la temperatura es el voltaje del circuito abierto (Cata Sanchez, y otros, 2015 pág. 23).

## Horas pico solares

Las horas de sol pico son las horas que se definen como el número de horas al día con una irradiancia hipotética de 1000 que sumen la misma irradiación total que la real ese día. Se puede notar que cuando la irradiancia se expresa en es numéricamente similar a las H.S.P. Este concepto es importante, ya que junto con un factor de pérdidas ayuda a estimar la potencia producida por los paneles fotovoltaicos. La distribución de la radiación a lo largo del día (Valdivieso Salas, 2014 pág. 7).

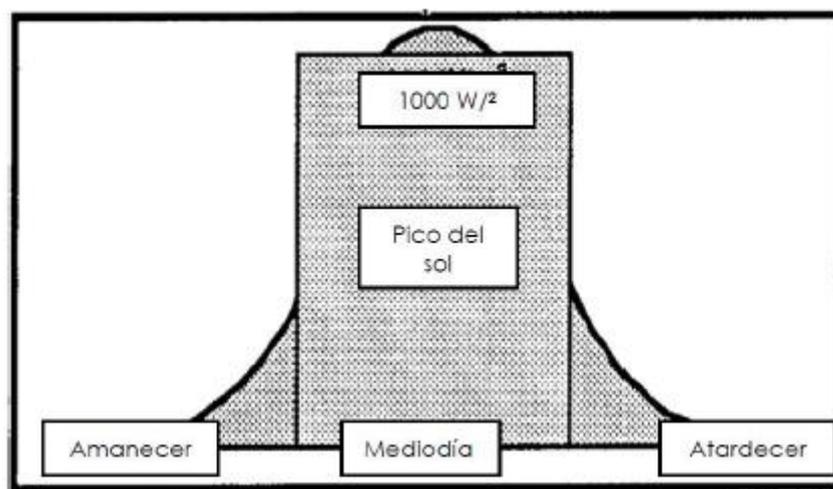


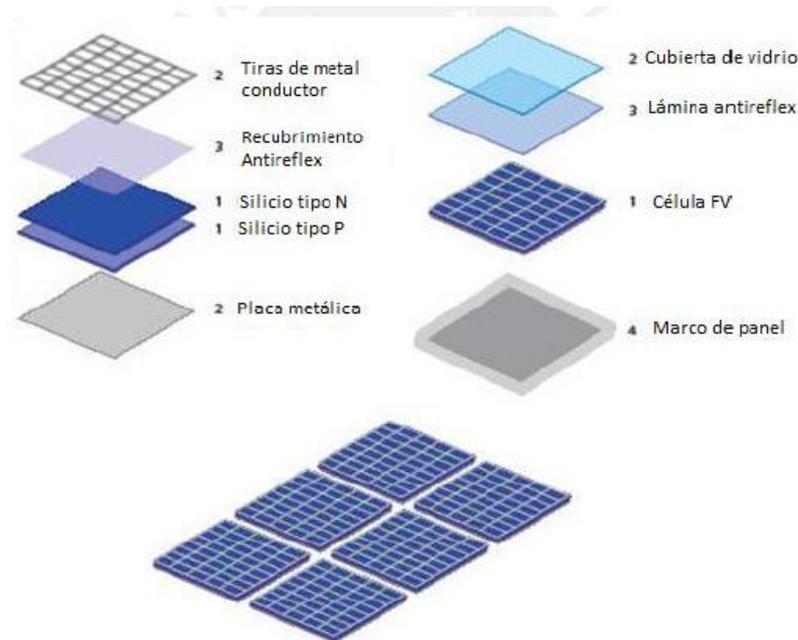
Figura 7. Horas Pico Solares. Fuente: Valdivieso Salas, 2014, p. 7

## Partes de un sistema Fotovoltaico

### i. Panel fotovoltaico

Un panel solar o también conocido como panel fotovoltaico es la conexión de un conjunto de células solares en paralelo o en serie, esta conexión se realiza para poder aumentar la corriente cuándo son conectadas en serie y poder aumentar el voltaje cuándo son conectadas en paralelo. Para poder encender un panel solar se debe tener plantas que deben estar certificadas con un control de calidad de alto nivel en más consideración con sus procesos de soldadura, para el ensamble de un panel solar se utiliza en su mayoría vidrios y metales de gran conductividad, la normativa que se establece para la fabricación de los módulos fotovoltaicos es la IEC- 61215 “Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Cualificación del

diseño y aprobación de tipo” o alguna otra norma que sea equivalente (Valdiviezo Salas, 2014 pág. 7).



**Figura 8. Fabricación de un panel fotovoltaico. Fuente: Valdivieso Salas, 2014, p. 7**

En las fichas técnicas de los paneles se muestran los datos de eficiencia, amperaje y voltaje bajo condiciones estándar llamadas STC (Standard Testing Condition) estos parámetros son características son la irradiación de  $1000\text{W}/\text{m}^2$  y una temperatura de módulo de  $25^\circ\text{C}$  (Valdiviezo Salas, 2014 pág. 11).

Los efectos de las sombras en el dimensionamiento de los campos solares (conjunto de paneles solares que trabajan en conjunto) son perjudiciales por las pérdidas que producen por lo que se debe establecer distancias que no perjudiquen a los paneles entre ellos (Valdiviezo Salas, 2014 pág. 12).

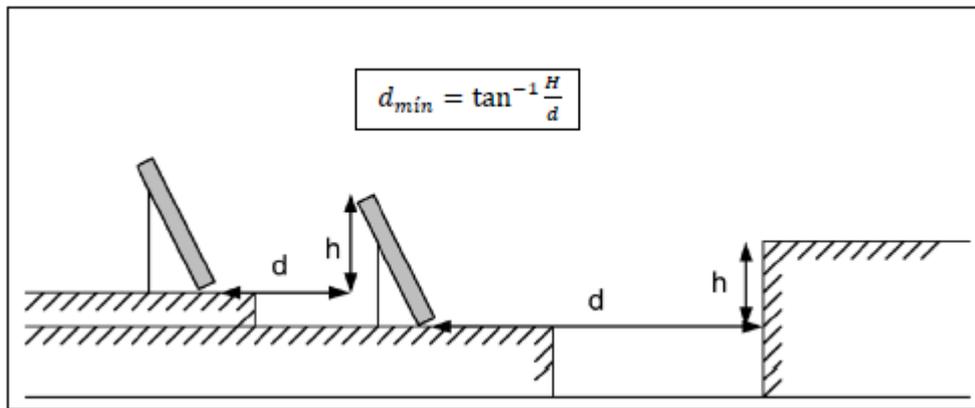


Figura 9. Distancia entre paneles. Fuente: Valdiviezo Salas, 2014, p. 12

## ii. Batería

Mecanismo electroquímico utilizado para acumular energía encontrada en forma química para convertirla a energía eléctrica. Para aplicaciones fotovoltaicas son empleadas las baterías recargables. Las placas siendo una parte de sus componentes son llamados conductores metálicos de diferente polarización, con lo cual accede a un flujo de electrones y el electrolito que puede ser líquido, sólido o en pasta, es un piloto iónico que se descompone al pasar la corriente eléctrica. (Valdiviezo Salas, 2014 pág. 16).

El voltaje o la tensión de la batería son destinados el número de celdas electroquímicas, siendo el voltaje de cada celda de 2V. Los principales parámetros que determinan el comportamiento de la batería son la capacidad de descarga (Ah) que es el producto de la intensidad de descarga por el tiempo que actúa y se expresa en Amperios Hora, si la temperatura es mayor a la indicada en el catálogo, la capacidad disminuye; pero si la temperatura es menor, puede afectar la vida útil de la batería, otro parámetro es la profundidad de la descarga: Es el porcentaje de la capacidad total de la batería que es utilizada durante un ciclo de carga/descarga. Para aplicaciones fotovoltaicas es común utilizar baterías de descarga profunda, es decir, descargas entre 75% - 80%, por último, la vida útil en ciclos que se expresa en ciclos, es decir, la cantidad de cargas/descargas que llega a tener la batería. La vida útil depende del espesor de las placas, concentración del electrolito y principalmente de la profundidad de descarga (Valdiviezo Salas, 2014 pág. 17).

### **iii. Cables**

Estos deben tener la medida de seguridad llamada aislamiento, la elección de los mismos está sujeta a la aplicación y el modelo de canales utilizados. Utilizaremos los indicadores técnicos de la Norma Peruana (NTP) para los cálculos correspondientes y del Código Nacional de Electricidad (CNE). Según las caídas de tensión también son las secciones de los conductores en si son menos del 3 % en cuanto al generador fotovoltaico y el regulador de carga, inferiores al 1 % entre la batería y el regulador de carga, e inferiores al 5 % entre el regulador de carga y las cargas. Estos valores son el requisito para la máxima corriente. Los cables que se encuentran a la deriva deben de cumplir la norma internacional IEC 60811: “Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos” (Valdiviezo Salas, 2014 pág. 21).

### **iv. Soportes**

Sistema que de acuerdo a las condiciones climatológicas, la aplicación y los requerimientos peculiares de cada proyecto. En esta ocasión se estudiará los seguidores solares y un sistema fijo (Valdiviezo Salas, 2014 pág. 22).

Los sistemas fijos son como el nombre lo expresa la fijación y estabilidad por ende se realiza estudios y se examina la inclinación apropiada. Sera el menor mantenimiento ya que siendo esta estructura la cual genera una minina eficacia y a la vez la más económica. La ventaja de este sistema es que cuenta con gran duración y no solicita mantenimiento, puesto a que no varía la inclinación, tomaremos en cuenta el efecto de sombras y las lluvias para la elección de la inclinación (Valdiviezo Salas, 2014 pág. 22).

Y los seguidores solares son utilizados especialmente en cielos despejados, con alto efecto de radiación directa (nubosidad baja), se suele utilizar seguidores solares. Estos incrementan los costos iniciales, ya que se necesitan sistemas de control para modificar la inclinación (seguir al sol), un motor, engranajes y demás elementos mecánicos. Además, se necesitan realizar un mantenimiento a estos equipos mecánicos. Sin embargo, al seguir al sol en su trayectoria, suelen incrementan las potencias generadas.

Existen diversos tipos de seguidores solares en la actualidad (Valdiviezo Salas, 2014 pág. 22).

#### **1.4. Formulación del Problema**

¿El diseño de un sistema fotovoltaico servirá para suministrar energía eléctrica al anexo el Cardón caserío Pueblo Nuevo distrito de San Juan Cajamarca 2019?

#### **1.5. Justificación del Estudio**

##### **Técnica**

La justificación técnica radica en que se buscara como resultado diseñar una tecnología que permita la generación de energía eléctrica, con ello se permite determinar o establecer las disposiciones técnicas generadas y acondicionadas para la zona de estudio. Esto genera un nuevo conocimiento técnico ya que se personaliza las tendencias que se encuentran en los manuales para establecer así datos concretos dentro de la zona de estudio, que servirán como antecedentes a las nuevas investigaciones y/o ejecuciones de obras que requiera bases firmes sobre la aplicación de tecnologías similares.

##### **Económica**

La justificación económica radica en que se abastecerá de energía eléctrica en la zona esta será auto sostenida por la contribución de los pobladores lo que genera un gasto de manera directa, pero será suficiente para que la económica de la zona empiece su crecimiento está determinado que el servicio de energía eléctrica es una necesidad actualmente y que sin ella la económica se restringe ya que los comercios e industrias no se desarrollan. Es por lo tanto responsable establecer que el económico familiar de la zona aumente al llegar energía eléctrica.

##### **Ambiental**

La justificación ambiental radica en la misma clasificación de la generación fotovoltaica que se considera una energía limpia por ser renovable y amigable con el ambiente. Aparte que la contribución de generación fotovoltaica establece que al aumento de redes en la zona estas no dispondrán de abastecer energía por medio de centrales de combustión las cuales son las más contaminantes en el aspecto de generación.

## **1.6. Hipótesis**

Si se diseña un sistema fotovoltaico entonces se podrá suministrar energía eléctrica al anexo el Cardón caserío Pueblo Nuevo distrito de San Juan Cajamarca 2019.

## **1.7. Objetivos**

### **General**

Diseñar un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al anexo el Cardón caserío Pueblo Nuevo distrito de San Juan Cajamarca 2019.

### **Específicos**

- a) Determinar la demanda del anexo del caserío.
- b) Diseñar un sistema fotovoltaico que abastezca la demanda de energía eléctrica del anexo del caserío.
- c) Evaluar económicamente el sistema diseñado por medio de los evaluadores TIR y VAN.

## II. MÉTODO

### 2.1 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es **no experimental** ya que no se considera manipular la variable independiente para observar los cambios en la variable dependiente.

Además, se considera el tipo de investigación **aplicada** con respecto a la utilización de sus resultados ya que estos podrán ser utilizados directamente para solucionar el problema que es base de la investigación y en cuando a su obtención de datos será **descriptiva** ya que los datos serán obtenidos de la realidad observada.

### 2.2 Variables, Operacionalización

#### Variable independiente:

Diseño de una central Fotovoltaico

#### Variable dependiente:

Suministro de energía eléctrica

#### Operacionalización de variables

Variab independientes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
Diseño de una central Fotovoltaico	Un sistema fotovoltaico es el conjunto de equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos para captar la energía solar disponible y transformarla en utilizable como energía eléctrica. Estos sistemas independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, pueden realizarse instalaciones de electrificación autónoma o interconectados o la red, además de otras aplicaciones más específicas (Casas 2012).	Determinar cantidad de radiación.	KWh/m <sup>2</sup>	Razón
		Dimensionar el campo solar.	Unidades	Razón
		Dimensionar el banco de baterías.	Unidades	Razón
		Seleccionar los dispositivos de control	Unidades	Razón

		Seleccionar los dispositivos de conversión.	Unidades	Razón
<b>Variables Dependientes</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala de Medición</b>
Suministro de energía eléctrica	Conjunto de instalaciones que permiten la alimentación de la energía eléctrica en forma segura y que llega hasta el punto de entrega (Ministerio de Energía y Minas, 2011 pág. 19).	Establecer la demanda actual.	kW	Razón
		Establecer la demanda proyectada.	kW	Razón

### 2.3 Población y muestra

La población es igual que la muestra y debido a la limitación de tiempo y recursos se tomara una muestra no probabilística la cual será:

27 Casas del anexo del poblado.

365 medidas de radiación solar en la zona.

### 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnica	Instrumento	Uso
Observación directa	Ficha de observación directa.	Se utilizara para realizar un levantamiento topográfico de los lotes en el poblado.
Encuesta	Formulario de encuesta.	Se utilizara para determinar el gasto económico en otras fuentes de energía.
Análisis de documentos	Ficha de análisis de documentos para registro de radiación.	Se utilizara para recoger los datos de radiación sobre el poblado.

	Ficha de análisis de documentos para registra datos técnicos.	Se utilizara para recoger parámetros de los equipos a seleccionar.
--	---	--

**Validez y confiabilidad.**

**Validez:** los instrumentos serán validados por un especialista en el área fotovoltaica lo que asegurara que al emplearse se recopilen los datos realmente necesarios.

**Confiabilidad:** la confiabilidad la determinaremos con una declaración jurada por parte del investigador que establecerá que los datos obtenidos obedecen a la verdad bajo su responsabilidad.

**2.5 Métodos de análisis de datos**

Se utilizará estadística descriptiva no inferencias ya que la base de esta investigación es plantear un resultado en base a la realidad de la zona no se realizará inferencias sobre la evolución de las variables.

**2.6 Aspectos éticos**

Se mantendrá en reserva la información que pueda causar un conflicto de intereses dentro de la investigación, y se tendrá en cuenta el consentimiento de los involucrados para poder utilizar la información que sea brindada. Se respetará los derechos de autor de los textos de cualquier publicación de la cual sea utilizada la información, citándolos dentro del informe del proyecto.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Determinar la demanda del anexo del caserío

Para determinar la demanda eléctrica del caserío primero se realizó un levantamiento de todos los lotes que existen en el, por medio de un recorrido en campo y el llenado de una ficha de observación de datos por medio de las coordenadas todas por GPS con lo cual se muestra en la tabla.

LOTE	COORDENADAS	
	X	Y
1	774548	9194725
2	774559	9194714
3	774583	9194711
4	774603	9194716
5	774604	9194552
6	774612	9194547
7	774717	9194509
8	774897	9194405
9	775132	9194272
10	775446	9194341
11	775458	9194330
12	775486	9194552
13	775473	9194573
14	775228	9194688
15	775221	9194704
16	775320	9194735
17	774767	9195263
18	774735	9195208
19	774748	9195190
20	774750	9195175
21	774782	9195207
22	774791	9195192
23	774997	9194763
24	774872	9194752
25	774762	9194809
26	774757	9194772
27	774698	9194788

Tabla 1. Coordenadas de lotes para determinar máxima demanda. Fuente: Propia.

Según el requerimiento de la normativa peruana para el suministro de energía debe ser evaluado para una demanda según el crecimiento de la población para un periodo de 20 años por lo tanto se determinará el crecimiento poblacional para el año 20 después de haber instalado la central. Dicho aumento de población se calcula mediante la tasa de crecimiento poblacional registrado en el INEI.

Provincias	1993	2007	Tasa de crecimiento intercensal promedio anual
<b>Total</b>	<b>1 259 808</b>	<b>1 387 809</b>	<b>0,7%</b>
Cajamarca	230 049	316 152	2,3%
Cajabamba	69 236	74 287	0,5%
Celendín	82 436	88 508	0,5%
Chota	164 144	160 447	-0,2%
Contumazá	32 698	31 369	-0,3%
Cutervo	143 795	138 213	-0,3%
Hualgayoc	75 806	89 813	1,2%
Jaén	170 261	183 634	0,5%
San Ignacio	112 526	131 239	1,1%
San Marcos	48 632	51 031	0,3%
San Miguel	61 160	56 146	-0,6%
San Pablo	24 494	23 114	-0,4%
Santa Cruz	44 571	43 856	-0,1%

**Figura 10. Tasa de crecimiento intercensal promedio. Fuente: (Mendoza Alcantara, y otros, 2009 pág. 64).**

De acuerdo a la fórmula de crecimiento poblacional:

$$r = \left( \frac{P_f}{P_o} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Dónde:

- r : Tasa de crecimiento en porcentaje
- Pf : Población futura
- Po : Población inicial
- n : Periodo en años a proyectar

R	2.3%
Pf	316152
Po	230049
N	14

**Tabla 2. Crecimiento poblacional. Fuente: Propia.**

Para determinar el crecimiento de lotes se determina cuanto es el promedio de personas por vivienda. Según los indicadores demográficos del 2009 por provincia de Cajamarca se tiene la población de viviendas.

Provincia y distrito; y tipo de vivienda	Total
<b>Departamento Cajamarca</b>	<b>1 372 142</b>
Casa independiente	1 294 927
Departamento en edificio	9 902
Vivienda en quinta	17 479
Vivienda en casa de vecindad	10 008
Chozo o cabaña	38 263 -
Vivienda improvisada	493
Local no dest.para hab. humana	797
Otro tipo	273
<b>Provincia Cajamarca</b>	<b>308 406</b>
Casa independiente	281 514
Departamento en edificio	6 113
Vivienda en quinta	10 650
Vivienda en casa de vecindad	4 607
Chozo o cabaña	4 683 -
Vivienda improvisada	314
Local no dest.para hab. humana	321
Otro tipo	204

**Figura 11. Fracción de tabla de viviendas por provincia en Cajamarca. Fuente: (Mendoza Alcantara, y otros, 2009 pág. 96).**

Considerando el censo del 2007 se tiene para la provincia Cajamarca.

Población censada 2007	1387809
Viviendas censadas 2007	308406
Habitantes por vivienda 2007	4.5

**Tabla 3. Cantidad de habitantes promedio por vivienda. Fuente: Propia.**

Debido a que las personas no pueden determinarse de modo fraccionario se utilizaran 5 habitantes por casa con lo que el centro poblado presenta en sus 27 casas una cantidad de 135 personas. Considerando la tasa de crecimiento poblacional se tiene para cada año un aumento de población y con esto un aumento de lotes considerando que en cada lote solo viven 5 personas.

Año	Lotes(0.675)	Población	Año	Lotes	Población
0	27	135	11	35	173
1	28	138	12	35	177
2	28	141	13	36	181
3	29	145	14	37	186
4	30	148	15	38	190
5	30	151	16	39	194
6	31	155	17	40	199
7	32	158	18	41	203
8	32	162	19	42	208
9	33	166	20	43	213
10	34	169			

**Tabla 4. Aumento de lotes según indicadores para provincia de Cajamarca. Fuente: Propia.**

Como se establece en la norma técnica peruana para redes de distribución rural se debe asignar una potencia según la tipificación de la zona esta obedece al Tipo II.

**Localidades tipo II**

Son grupos de viviendas situadas en áreas rurales que no presentan aún configuración urbana o es incipiente. Las viviendas están generalmente situadas a lo largo de carreteras, caminos de herradura o dentro de chacras de los propietarios. La calificación asignada es de 400 W por lote.

**Figura 12. Extracto de normativa para determinar demanda de zona rural tipo II. Fuente: (DGE - MEN, 2003 pág. 3).**

Según la misma normativa se tiene un factor de simultaneidad para servicio particular de 0.5, este factor determina cuanta potencia de la asignada utilizara el lote al mismo tiempo. Con esto se determinar la máxima demanda por cada año según los lotes teniendo.

Año	Lotes	Potencia por lote (W)
0	27	5400
1	28	5524.03
2	28	5650.92
3	29	5780.71
4	30	5913.49
5	30	6049.32
6	31	6188.27
7	32	6330.41
8	32	6475.81
9	33	6624.55
10	34	6776.71
11	35	6932.37
12	35	7091.60
13	36	7254.49
14	37	7421.12
15	38	7591.57
16	39	7765.95
17	40	7944.32
18	41	8126.80
19	42	8313.46
20	43	8504.42

**Tabla 5. Aumento proporcional de la demanda según cantidad de lotes. Fuente: Propia.**

Sobre esta potencia el sector al tener el suministro de energía debe considerar el alumbrado público que se determinará para el año 20 ya que no podrá ser progresivo según el aumento de lotes, y la pérdida de energía por distribución que para el sector rural es del 5% como máximo de la potencia entregada según el aumento de lotes esta pérdida también será progresiva por lo que se establecerá la pérdida de energía según el aumento de lotes por año.

Para el cálculo de luminarias se realizará según las bases para cálculo de redes de distribución en sector rural. Se calcula el consumo mensual de alumbrado público.

$$CMAP = KALP \cdot NU$$

Dónde:

CMAP : Consumo mensual de alumbrado público en kWh.

KALP : Factor de AP en kWh/usuario-mes.

NU : Número de Usuarios de la localidad.

Con lo que se obtiene:

CMAP	140.32
KALP	3.3
NU	43

**Tabla 6. Cálculo de energía consumida en kWh por luminarias en el año 20. Fuente: Propia.**

De acuerdo a esto se determina la cantidad de puntos de iluminación.

$$PI = \frac{1000 \text{ CMAP}}{\text{NHMAP PPL}}$$

Dónde:

PI : Puntos de iluminación.

CMAP : Consumo mensual de alumbrado público.

NHMAP : Número de horas mensuales del servicio de alumbrado público.

PPL : Potencia nominal promedio de la lámpara de alumbrado público.

Con lo que se obtiene:

PI	4.78	
CMAP	140.32	kWh
NHMAP	360	h/mes
PPL	81.6	W

**Tabla 7. Cálculo de cantidad de luminaires para el año 20. Fuente: Propia.**

Para determinar la cantidad de luminarias se utilizó la potencia que se consume por las luminarias, según la normativa peruana se utilizara lámparas de 70 W con una pérdida de 11.60 W siendo un total de 81.60 W.

Adicional a esto se le sumara la pérdida del 5% de la potencia a entregar con lo que se tiene.

Año	Lotes	Potencia por lote (W)	Potencia por luminaria (W)	Perdida de Potencia (5%)	Potencia total (w)
0	27	5400	389.79	289.489291	6079.28
1	28	5524.03	389.79	295.690965	6209.51
2	28	5650.92	389.79	302.035086	6342.74
3	29	5780.71	389.79	308.524926	6479.02
4	30	5913.49	389.79	315.163832	6618.44
5	30	6049.32	389.79	321.955228	6761.06
6	31	6188.27	389.79	328.902617	6906.95
7	32	6330.41	389.79	336.009582	7056.20
8	32	6475.81	389.79	343.279788	7208.88
9	33	6624.55	389.79	350.716984	7365.06
10	34	6776.71	389.79	358.325006	7524.83
11	35	6932.37	389.79	366.107779	7688.26
12	35	7091.60	389.79	374.069315	7855.46
13	36	7254.49	389.79	382.21372	8026.49
14	37	7421.12	389.79	390.545197	8201.45
15	38	7591.57	389.79	399.06804	8380.43
16	39	7765.95	389.79	407.786645	8563.52
17	40	7944.32	389.79	416.70551	8750.82
18	41	8126.80	389.79	425.829233	8942.41
19	42	8313.46	389.79	435.162521	9138.41
20	43	8504.42	389.79	444.710187	9338.91

**Tabla 8. Cálculo de potencia por año considerando potencia por lote, potencia por luminaria y pérdida de potencia. Fuente: Propia.**

La demanda de energía será considerada para el año 20 siendo esta de 9.34 kW, para el Consumo de energía se determina el consumo de energía según también los tres aspectos que se utilizaron para determinar la demanda es decir según los lotes, las luminarias y las pérdidas que para el sector rural puede ser de 7%.

Para el cálculo de la energía se tendrá el registro de las empresas concesionarias donde se tiene un consumo de 20 kWh por abonado al mes, para el consumo de luminarias se establecerá según las horas que se utilicen que según el trabajo de las mismas serán de 6.00 pm a 6 am teniendo con esto 12 horas de consumo de la potencia utilizada por las luminarias, y en cuanto a las perdidas estas deben ser como máximo del 7% como se comentó en el párrafo anterior ya que es un valor normado.

Año	Lotes	Potencia por luminarias (kW)	Energía por lotes (kWh)	Energía por luminaria (kWh)	Perdida de Energía (7%)	Energía total (kWh)
0	27	0.39	540.00	140.32	0.048	680.37
1	28	0.39	552.40	140.32	0.048	552.84
2	28	0.39	565.09	140.32	0.049	565.53
3	29	0.39	578.07	140.32	0.050	578.51
4	30	0.39	591.35	140.32	0.051	591.79
5	30	0.39	604.93	140.32	0.052	605.37
6	31	0.39	618.83	140.32	0.053	619.27
7	32	0.39	633.04	140.32	0.054	633.48
8	32	0.39	647.58	140.32	0.055	648.03
9	33	0.39	662.46	140.32	0.056	662.90
10	34	0.39	677.67	140.32	0.057	678.12
11	35	0.39	693.24	140.32	0.058	693.69
12	35	0.39	709.16	140.32	0.059	709.61
13	36	0.39	725.45	140.32	0.061	725.90
14	37	0.39	742.11	140.32	0.062	742.56
15	38	0.39	759.16	140.32	0.063	759.61
16	39	0.39	776.59	140.32	0.064	777.05
17	40	0.39	794.43	140.32	0.065	794.89
18	41	0.39	812.68	140.32	0.067	813.14
19	42	0.39	831.35	140.32	0.068	831.80
20	43	0.39	850.44	140.32	0.069	850.90

**Tabla 9. Consumo de energía mensual según año. Fuente: Propio.**

### 3.2. Diseñar un sistema fotovoltaico que abastezca la demanda de energía eléctrica del anexo del caserío.

Para empezar con el diseño se debe determinar la radiación dentro de la zona para esto se utilizan las coordenadas del anexo siendo estas:

X	774984.73
Y	9194973.52
Latitud	-62.04
Longitud	82.34

**Tabla 10. Coordenadas del centro del anexo. Fuente: Propia.**

Con estas coordenadas se ingresa en la página iterativa de la nasa y se registran los valores de radiación para las coordenadas correspondientes.

MES	RADIACIÓN (kWh/m <sup>2</sup> )
ENERO	4.26
FEBRERO	3.13
MARZO	1.59
ABRIL	0.69
MAYO	0.16
JUNIO	0.05
JULIO	0.14
AGOSTO	0.84
SETIEMBRE	2.22
OCTUBRE	2.15
NOVIEMBRE	6.05
DICIEMBRE	5.59

**Tabla 11. Promedios de radiación por mes del año 2018. Fuente: Propia.**

Según los antecedentes debe tomarse el mes con mejor radiación para realizar los cálculos del sistema fotovoltaico, con el criterio que si se diseña un sistema que cubra las demandas en el mes más crítico este mismo sistema podrá sustentar a la demanda durante todos los meses de mayor radiación.

Para determinar las horas solares pico que son según la teoría las horas que el panel podrá dar toda su capacidad de potencia, se toma en cuenta la irradiancia del panel a la cual fue fabricado esta es de 1000 W/m<sup>2</sup>, por lo que se calcula.

$$HPS = \frac{R}{I}$$

Dónde:

- HPS : Horas solar pico.  
 R : Radiación.  
 I : Irradiación estándar.

Se obtiene:

HPS	0.14	h
R	139.35	Wh/m <sup>2</sup>
I	1000	W/m <sup>2</sup>

**Tabla 12. Horas solares pico. Fuente: Propia.**

Para el diseño del sistema fotovoltaico se debe considerar la corrección de la energía requerida que se llamara energía teórica a partir de ahora esta energía teórica es la que requiere el centro poblado para el año 20 que es de 850.90 kWh al mes, esta energía debe corregirse a una energía ya de diseño mediante la fórmula:

$$E = \frac{ET}{R}$$

Dónde:

- E : Energía de diseño.  
 ET : Energía Requerida.  
 R : Factor global de rendimiento.

El factor global de rendimiento es un factor que engloba las pérdidas y algunas condiciones que hacen variar la cantidad de energía que requiere generar el sistema.

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v)(1 - k_a \frac{N}{P_d})$$

Dónde:

kb	Factor de pérdidas en el conjunto batería y regulador	0.1
kc	Factor de pérdidas del inversor	0.1
kv	Factor de pérdidas varias	0.1
ka	Coefficiente de autodescarga diaria de las baterías	0.005
N	Número de días de autonomía	3 a 10
Pd	Profundidad de descarga de las baterías	0.5

**Tabla 13. Valores aconsejados de los factores y condiciones para calcular el factor global de rendimiento. Fuente: (Cantos Serrano, 2016 pág. 86).**

Según lo indicado se seleccionó:

	Valor
R	0.686875
kb	0.1
kc	0.1
kv	0.1
ka	0.005
N	3
Pd	0.5

**Tabla 14. Valores seleccionados para el cálculo del factor global de rendimiento. Fuente: Propia.**

Para calcular la energía de diseño diario se deberá dividir la energía teoría entre treinta que es la cantidad de días promedio que tiene el mes, así se calcula la energía de diseño diario.

E	41.29	kWh
ET	28.36	kWh
R	0.69	

**Tabla 15. Energía de diseño. Fuente: Propia.**

Se calcula la cantidad de paneles considerando dos criterios primero el voltaje al que se tendrá que utilizar el sistema se recomienda según la información recogida que sea de

acuerdo al voltaje de la batería, por lo que debe ser múltiplo de 12, en este caso se consiguió de un proveedor de la zona un panel con voltaje de potencia nominal a 40.1 y se determinó el voltaje del sistema a 24 V, considerando una retroalimentación de resultados con la variación al voltaje si este no establecía implementos complementarios existentes en el mercado.

Primero la cantidad de paneles en serie, estos deben ser ala cantidad necesaria para abastecer el voltaje de la instalación, debido a que el panel seleccionado tiene 40.1 V solo se requerirá uno para llegar al voltaje del sistema.

Los paneles en paralelo por el contrario será los necesarios para tener la potencia necesaria que el sistema quiere generar y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$NP_p = \left( \frac{PpC}{N_{ps} \cdot W_p} \right)$$

Dónde:

- NPp : Número de paneles en paralelo.
- PpC : Potencia del campo.
- Nps : Número de paneles en serie.
- Wp : Potencia pico del panel.

Se preseleccionará un panel como se mencionó considerando el mercado más cercado de estos productos a la zona teniendo.

<b>Voltaje en circuito abierto (Voc)</b>	<b>48.3V</b>
<b>Intensidad en cortocircuito (Isc)</b>	<b>9.95A</b>
<b>Voltaje a máxima potencia (Vm)</b>	<b>40.1V</b>
<b>Intensidad a máxima potencia (Im)</b>	<b>9.23A</b>

**Figura 13. Extracto de la tabla de características técnicas del panel solar BaguerEnergy 370W monocristalinos. Fuente: Ficha técnica de Panel solar BaguerEnergy 370W.**

La potencia del campo solar se determinara de acuerdo a las horas solares que el campo de paneles trabajara al día.

$$PpC = \left(\frac{E}{HSP}\right)$$

Dónde:

- PpC : Potencia del campo solar.  
HSP : Hora solar pico.  
E : Energía de diseño.

Se tiene según los datos ya obtenidos de horas solares pico y energía de diseño una potencia del campo solar de:

PpC	345.05	kW/m2/dia
HSP	0.14	h
E	48.08	kWh/m2/dia

**Tabla 16. Potencia del campo solar. Fuente: Propia.**

Con lo que teniendo la potencia solar del campo podemos calcular cuántos paneles se requerirán en paralelo que son en realidad la cantidad de paneles que necesita el campo solar.

NPp	932.56	Unid
PpC	345048.31	W
Nps	1.00	Unid
Wp	370	W

**Tabla 17. Cantidad de paneles en paralelo. Fuente: Propia.**

Se puede ver que los paneles en serie son 1 por que solo basta con uno para tener el voltaje del sistema como se mencionó anteriormente, los paneles totales serán la multiplicación de esta unidad por los 932.56 paneles que se requieren en paralelo para otorgar la potencia requerida por la máxima demanda. Ahora los paneles no se pueden

fraccionar por lo que se tendrá que tomar un número entero mayor al indicado que será 933 paneles.

Para el cálculo de baterías se tendrá que calcular primero la capacidad que requiere la carga en este caso el anexo El Cardón. Según se estableció se requiere para el año 20 ofrecer 48.08 kWh a diario. Según la documentación para sistemas fotovoltaicos la cantidad de radiación por más que se haya tomado como el promedio mínimo de los meses del año, no se asegura que todos los días se pueda presentar esta cantidad de radiación por lo que se consideran días de autonomía que son días que el sistema en su conjunto podrá entregar energía, en las referencia de Cantos Serrano se determina como 3 días de autonomía para empezar a realizar un cálculo con lo que se tendría:

$$C_u = E \cdot N$$

Dónde:

- Cu : Capacidad según los días de autonomía.  
 E : Energía de diseño.  
 N : Días de autonomía.

Con lo que se tiene:

Cu	144252	Wh
E	48084	wh/día
N	3	día

**Tabla 18. Cálculo de capacidad del banco de baterías considerando los días de autonomía. Fuente: Propia.**

Aun no se puede determinar la cantidad de baterías ya que estas deben establecerse según la cantidad de descarga por lo que al tener en un principio como recomendación el 80% de descarga se tendrá una capacidad de:

$$C_N = \frac{C_u}{P_d}$$

Dónde:

Cn: Capacidad del sistema acumulador

Cu: Capacidad según los días de autonomía

Pd: Profundidad de descarga

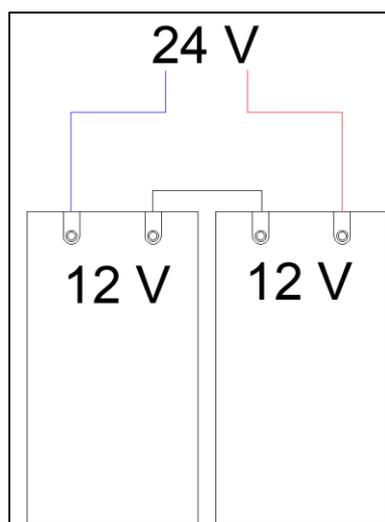
Se tiene una capacidad del sistema acumulador de:

Cn	180316	Wh
Cu	144252	Wh
Pd	80%	

**Tabla 19. Capacidad del sistema acumulador. Fuente: Propia.**

Esto representa la energía que debe almacenar la batería, pero ella no tiene una unidad en potencia tiempo sino en amperaje tiempo por lo que se logra este cambio dividiendo la capacidad del sistema acumulador entre el voltaje del sistema acumulador que se determinó igual al voltaje del sistema 24V con lo que se tiene una capacidad en amperios hora de 430 Ah.

Se determina según el stock del proveedor la batería UCD 115-12V / Ultracell con 115 Ah debido a que las baterías son de 12 V se requerirán dos baterías en serie para poder llegar al voltaje del sistema.



**Figura 14. Conexión en serie de baterías para alcanzar voltaje del sistema. Fuente: Propia.**

Esta conexión hace prácticamente que se forme otra batería esta vez de la misma capacidad 115 Ah pero del doble de voltaje teniéndola a 24 V, ahora cuanto de estos arreglos se requerirán será dividiendo la capacidad requerida del campo de baterías y la capacidad de la nueva batería 115 Ah/24V teniendo 130.66 baterías de las mencionadas, debido a que no se puede fraccionar este conjunto de pares de baterías se tendrá que utilizar un conjunto completo más para llegar a 131, teniendo un total de 262 baterías para el sistema.

La selección del controlador que es el dispositivo que determinará la carga de la batería se hará mediante un controlador de carga este se selecciona debido a las características del sistema y sus componentes, el amperaje de cortocircuito será el detallado en la ficha técnica del módulo por la cantidad de módulos que se utilizarán en paralelo.

Banco de baterías	Capacidad	15026.30	Ah
	Voltaje del banco	24	V
Campo solar	Voltaje en corto circuito	48.3	V
	Potencia del campo	345.05	KW
	Amperaje en Cortocircuito	9283.35	A
Carga	Potencia de la carga	9339	W
	Voltaje de la carga	220	V
	Intensidad	47.17	A

**Tabla 20. Características del sistema en su conjunto. Fuente: Propia.**

Según la teoría relacionada se debe tener un factor del 1.25 para seleccionar el inversor de acuerdo a amperaje de cortocircuito del campo solar teniendo:

$$I_{\text{max entrada}} = I_{SC} FS$$

Dónde:

I max entrada : Intensidad máxima en la entrada del controlador.  
 Fs : Factor de diseño.  
 Isc : Intensidad de cortocircuito del módulo.

Se obtiene:

I max entrada	11604.1875	A
Fs	1.25	
Isc	9283.35	A

**Tabla 21. Características para seleccionar el inversor. Fuente: Propia.**

Se seleccionó el controlador PC1500B – 60 PWM que tiene un voltaje de control de 24 V y una salida al campo de baterías de 60 A por lo que se requerirá 193.40 controladores al dividir la intensidad máxima por la intensidad que entrega cada controlador, estos serán los requeridos para controlar la totalidad del ingreso del campo solar y el banco de baterías, al igual que los otros componentes este tendrá que ser un numero entero debido a que el dispositivo no se puede fraccionar teniendo 194 controladores para el sistema.

Para la selección del inverso también se requieren características del sistema estos son el ingreso de voltaje en CD es decir los 24 V que se utilizan para el sistema y la potencia de salida en alterna teniendo:

V. sistema	24	V
Pot carga	9.34	Kw

**Tabla 22. Características para selección del inversor. Fuente: Propia.**

La potencia que se requiere para la selección del inversor es la establecida como máxima demanda para el año 20 en el anexo. Se seleccionó dos inversores PV 5kW – MPK que tiene una salida de 5000 W y un voltaje de entrada de 24V.

Las estructuras serán fijas con un ángulo de inclinación 15°C según las recomendaciones técnicas del proveedor teniendo para el campo solar:

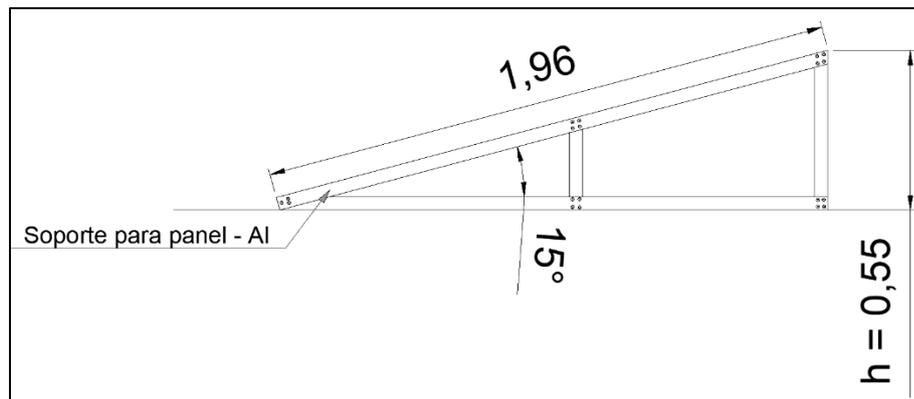


Figura 15. Distancia mínima entre paneles solares. Fuente: Propia.

La altura h se determinó por medio de la medición echa en AutoCAD al dibujar el soporte con los valores reales. La distancia entre paneles dependerá de la latitud que donde se encuentren ubicado la instalación (Sebastian, 2019).

$$d = \frac{h}{\text{tg}(61^\circ - \text{latitud})}$$

Dónde:

- d : distancia entre paneles
- h : altura del soporte o estructura que hará sombra
- Latitud : latitud del lugar donde se instalará el sistema.

Con lo que se tiene:

d	0.96	M
h	0.55	m
latitud	-62.04	°

**Tabla 23. Distancia entre paneles. Fuente: Propia.**

La caída de tensión se explica a detalle en el anexo 01 aquí se muestran los cables seleccionados para los paneles a los tableros de distribución, baterías al tablero de distribución, el controlador e inversor se utilizarán los cables que recomienda el fabricante debido a que las conexiones serán individuales por cada equipo.

Se podrá observar que el campo lo constituyen ramales en paralelo que se consideraron para el cálculo de la caída de tensión estos forman 80 ramales que de acuerdo a las secciones establecidas de cable se cumple las indicaciones de IDAE donde se establece las caídas de tensión.

Sub sistema		Recomendada	Máxima
Panel	Regulador	1.0%	3.0%
Regulador	Batería	0.5%	1.0%
Batería	inversor	1.0%	1.0%

**Tabla 24. Caídas de tensión permisible en sistemas fotovoltaicos. Fuente: IDAE.**

Debido al tamaño del campo se tomaron las máximas permisibles teniendo que las caídas de tensión para los cables de los paneles y baterías deben generar una caída de tensión máxima de:

Panel	3.0%	0.72
Regulador	1.0%	0.24

**Tabla 25. Caída de tensión considerada para el cálculo. Fuente: Propia.**

Con esto las caídas de tensión para cada ramal de paneles hasta los tableros de distribución serán:

Último tramo	L1	L2	I	S	Va-Vb	(Va-Vb)total
Ramal 1	35.89	2.38	101.53	50.0	0.2776	0.720
Ramal 2	34.9	2.38	101.53	50.0	0.2704	0.713
Ramal 3	33.9	2.38	101.53	50.0	0.2631	0.706

Ramal 4	32.91	2.38	101.53	50.0	0.2560	0.699
Ramal 5	31.92	2.38	101.53	50.0	0.2488	0.691
Ramal 6	30.93	2.38	101.53	50.0	0.2416	0.684
Ramal 7	29.94	2.38	101.53	50.0	0.2344	0.677
Ramal 8	28.94	2.38	101.53	50.0	0.2272	0.670
Ramal 9	27.95	2.38	101.53	50.0	0.2200	0.663
Ramal 10	26.96	2.38	101.53	50.0	0.2128	0.655
Ramal 11	25.97	2.38	101.53	50.0	0.2056	0.648
Ramal 12	24.98	2.38	101.53	50.0	0.1985	0.641
Ramal 13	23.98	2.38	101.53	50.0	0.1912	0.634
Ramal 14	22.99	2.38	101.53	50.0	0.1840	0.627
Ramal 15	22	2.38	101.53	50.0	0.1768	0.619
Ramal 16	21.01	2.38	101.53	50.0	0.1697	0.612
Ramal 17	20.02	2.38	101.53	50.0	0.1625	0.605
Ramal 18	19.02	2.38	101.53	50.0	0.1552	0.598
Ramal 19	18.03	2.38	101.53	50.0	0.1480	0.591
Ramal 20	17.04	2.38	101.53	50.0	0.1409	0.583
Ramal 21	16.05	2.38	101.53	25.0	0.2674	0.710
Ramal 22	15.06	2.38	101.53	25.0	0.2530	0.696
Ramal 23	14.06	2.38	101.53	25.0	0.2385	0.681
Ramal 24	13.07	2.38	101.53	25.0	0.2241	0.667
Ramal 25	12.08	2.38	101.53	25.0	0.2098	0.652
Ramal 26	11.09	2.38	101.53	25.0	0.1954	0.638
Ramal 27	10.1	2.38	101.53	25.0	0.1810	0.624
Ramal 28	9.1	2.38	101.53	25.0	0.1665	0.609
Ramal 29	8.11	2.38	101.53	25.0	0.1522	0.595
Ramal 30	7.12	2.38	101.53	25.0	0.1378	0.580
Ramal 31	6.13	2.38	101.53	25.0	0.1235	0.566
Ramal 32	5.14	2.38	101.53	25.0	0.1091	0.552
Ramal 33	4.14	2.38	101.53	25.0	0.0946	0.537
Ramal 34	3.15	2.38	101.53	25.0	0.0802	0.523
Ramal 35	2.16	2.38	101.53	25.0	0.0659	0.508
Ramal 36	1.17	2.38	101.53	25.0	0.0515	0.494
Ramal 37	0	2.38	101.53	25.0	0.0345	0.477
Ramal 38	0	2.13	101.53	25.0	0.0309	0.473
Ramal 39	0	2.13	101.53	25.0	0.0309	0.473
Ramal 40	0	2.13	101.53	25.0	0.0309	0.473
Ramal 41	0	2.38	101.53	25.0	0.0345	0.477
Ramal 42	1.53	5.22	101.53	25.0	0.0979	0.540
Ramal 43	2.52	5.22	101.53	25.0	0.1123	0.555
Ramal 44	3.51	5.22	101.53	25.0	0.1266	0.569
Ramal 45	4.51	5.22	101.53	25.0	0.1411	0.584
Ramal 46	5.5	5.22	101.53	25.0	0.1555	0.598
Ramal 47	6.49	5.22	101.53	25.0	0.1699	0.612

Ramal 48	7.48	5.22	101.53	25.0	0.1842	0.627
Ramal 49	8.47	5.22	101.53	25.0	0.1986	0.641
Ramal 50	9.47	5.22	101.53	25.0	0.2131	0.656
Ramal 51	10.46	5.22	101.53	25.0	0.2275	0.670
Ramal 52	11.45	5.22	101.53	25.0	0.2418	0.684
Ramal 53	12.44	5.22	101.53	25.0	0.2562	0.699
Ramal 54	13.43	5.22	92.30	25.0	0.2460	0.660
Ramal 55	14.43	5.22	92.30	25.0	0.2591	0.674
Ramal 56	15.42	5.22	92.30	25.0	0.2722	0.687
Ramal 57	16.41	5.22	92.30	25.0	0.2853	0.700
Ramal 58	17.4	5.22	92.30	25.0	0.2983	0.713
Ramal 59	18.39	5.22	92.30	50.0	0.1557	0.570
Ramal 60	19.39	5.22	92.30	50.0	0.1623	0.577
Ramal 61	20.38	5.22	92.30	50.0	0.1688	0.583
Ramal 62	21.37	5.22	92.30	50.0	0.1753	0.590
Ramal 63	22.36	5.22	92.30	50.0	0.1819	0.596
Ramal 64	23.35	5.22	92.30	50.0	0.1884	0.603
Ramal 65	24.35	5.22	92.30	50.0	0.1950	0.609
Ramal 66	25.34	5.22	92.30	50.0	0.2015	0.616
Ramal 67	26.33	5.22	92.30	50.0	0.2080	0.623
Ramal 68	27.32	5.22	92.30	50.0	0.2146	0.629
Ramal 69	28.31	5.22	92.30	50.0	0.2211	0.636
Ramal 70	29.31	5.22	92.30	50.0	0.2277	0.642
Ramal 71	30.3	5.22	92.30	50.0	0.2342	0.649
Ramal 72	31.29	5.22	92.30	50.0	0.2407	0.655
Ramal 73	32.28	5.22	92.30	50.0	0.2473	0.662
Ramal 74	33.27	5.22	92.30	50.0	0.2538	0.668
Ramal 75	34.27	5.22	92.30	50.0	0.2604	0.675
Ramal 76	35.26	5.22	92.30	50.0	0.2669	0.681
Ramal 77	36.25	5.22	92.30	50.0	0.2734	0.688
Ramal 78	37.24	5.22	92.30	50.0	0.2800	0.694
Ramal 79	38.23	5.22	92.30	50.0	0.2865	0.701
Ramal 80	39.23	5.22	92.30	50.0	0.2931	0.708

**Tabla 26. Caídas de tensión para ramales del sistema fotovoltaico. Fuente: Propia.**

Del mismo modo para las baterías se determina la caída de tensión también con ramales del banco de baterías.

Ramales	L1	L2	I	S	Va-Vb
1	1.97	0.88	1771.63	95.0	0.1898
2	1.31	0.88	1683.05	70.0	0.1881
3	0.68	0.88	1683.05	50.0	0.1876

4	0	0.88	1683.05	25.0	0.2116
5	0.68	0.88	1683.05	50.0	0.1876
6	1.31	0.88	1683.05	70.0	0.1881
7	1.97	0.88	1683.05	95.0	0.1804

**Tabla 27. Caídas de tensión en ramales de las baterías. Fuente: Propia.**

### 3.3. Evaluar económicamente el sistema diseñado por medio de los evaluadores TIR y VAN.

Para la evaluación económica se determinó primero el presupuesto de los materiales.

Ítem	Materiales	Und.	Metrado	Precio	Parcial
1	Paneles solar	933.00	unid	S/ 1,106.25	S/ 1,032,131.25
2	Controlador de carga	194.00	unid	S/ 151.90	S/ 29,468.60
3	Inversor solar	2.00	unid	S/ 4,975.74	S/ 9,951.48
4	Baterías	262.00	unid	S/ 794.98	S/ 208,284.76
5	cable 10 mm2	784.70	m	S/ 2.50	S/ 1,961.75
6	cable 16 mm2	1968.42	m	S/ 3.10	S/ 6,102.10
7	cable 25 mm2	303.33	m	S/ 5.20	S/ 1,577.32
8	cable 50 mm2	829.32	m	S/ 6.60	S/ 5,473.51
9	cable 70 mm2	3.75	m	S/ 7.50	S/ 28.13
10	cable 95 mm2	5.70	m	S/ 12.30	S/ 70.11
11	Soporte	933.00	unid	S/ 8.50	S/ 7,930.50
12	tablero autosoportado	1.00	unid	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00
Total					S/ 1,304,479.51

**Tabla 28. Costos de materiales para instalación de sistema fotovoltaico. Fuente: Propia.**

Se determinan los costos de instalación según la cotización de algunos proveedores:

Ítem	Materiales	Und.	Metrado	Precio	Parcial
1	Nivelación del terreno del campo	1.00	glb	S/ 350.00	S/. 350.00
2	Instalación de paneles solares	933.00	glb	S/ 35.00	S/. 32,655.00
3	Instalación de baterías	262.00	glb	S/ 12.00	S/. 3,144.00
4	Instalación del tablero de distribución	1.00	unid	S/ 850.00	S/. 850.00
5	Instalación de cerca perimétrica	134.73	m	S/ 350.00	S/. 47,155.50
6	Instalación de loza	37.38	m2	S/ 175.00	S/. 6,541.50
Total					S/. 90,696.00

**Tabla 29. Costos de instalación del sistema fotovoltaico. Fuente: Propia.**

El ultimo costo que se debe tener es el de operación y mantenimiento debido a que es una central autónoma los costos de operación son muy reducidos por lo que se pretender en reúnen capacitar a un grupo de moradores para que en turnos puedan ocuparse de la operación, cuidado y mantenimiento preventivo de la planta. Debido a que las comunidades de este tipo son adeptas al trabajo grupal para el beneficio de su comuna esta propuesta no cabe en lo desfachatado por lo que la necesidad de energía eléctrica sustentaría el esfuerzo que dan los moradores por lo tanto el costo e operación y mantenimiento seria 0.

El otro punto a tratar seria el ingreso de la venta de energía, para esto se determinó el costo del pliego tarifario.

TARIFA BT5B:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
No Residencial	Cargo Fijo Mensual	S/./mes	3.24
	Cargo por Energía Activa	ctm. S/./kW.h	61.34

**Tabla 30. Pliego tarifario BT5B. Fuente: Osinerming.**

Considerando la evolución del consumo de energía que se tendrá durante los veinte años que se ha proyectado el sistema fotovoltaico se podrá suponer un ingreso por venta de energía ascendente.

Año	Energía total (kWh)		Ingreso	
	Mensual	Anual	Mensual	Anual
0	680.37	8164.45	S/ -	S/ -
1	692.77	8313.30	S/ 428.19	S/ 5,138.26
2	705.46	8465.57	S/ 435.97	S/ 5,231.66
3	718.44	8621.33	S/ 443.93	S/ 5,327.21
4	731.72	8780.68	S/ 452.08	S/ 5,424.95
5	745.31	8943.68	S/ 460.41	S/ 5,524.94
6	759.20	9110.43	S/ 468.93	S/ 5,627.22
7	773.42	9281.01	S/ 477.65	S/ 5,731.85
8	787.96	9455.51	S/ 486.57	S/ 5,838.89
9	802.83	9634.01	S/ 495.70	S/ 5,948.38
10	818.05	9816.62	S/ 505.03	S/ 6,060.39
11	833.62	10003.42	S/ 514.58	S/ 6,174.98
12	849.54	10194.51	S/ 524.35	S/ 6,292.19
13	865.83	10389.99	S/ 534.34	S/ 6,412.10

14	882.50	10589.96	S/ 544.56	S/ 6,534.76
15	899.54	10794.52	S/ 555.02	S/ 6,660.24
16	916.98	11003.78	S/ 565.72	S/ 6,788.60
17	934.82	11217.85	S/ 576.66	S/ 6,919.91
18	953.07	11436.83	S/ 587.85	S/ 7,054.23
19	971.74	11660.85	S/ 599.30	S/ 7,191.64
20	990.83	11890.01	S/ 611.02	S/ 7,332.21

**Tabla 31. Venta de Energía según el año de proyección para el sistema fotovoltaico. Fuente: Propia.**

Con este ingreso y el costo de inversión se determinó un balance de caja que es la diferencia entre los ingresos y los costos que genera la central desde su inversión hasta la culminación de la misma para el año 20.

Año	Inversión	Costos de operación y mantenimiento	Ingreso	Balance de caja
0	S/ 1,395,175.51		S/ -	-S/ 1,395,175.51
1		S/ -	S/ 5,138.26	S/ 5,138.26
2			S/ 5,231.66	S/ 5,231.66
3			S/ 5,327.21	S/ 5,327.21
4			S/ 5,424.95	S/ 5,424.95
5			S/ 5,524.94	S/ 5,524.94
6			S/ 5,627.22	S/ 5,627.22
7	S/ 211,428.76		S/ 5,731.85	-S/ 205,696.91
8			S/ 5,838.89	S/ 5,838.89
9			S/ 5,948.38	S/ 5,948.38
10			S/ 6,060.39	S/ 6,060.39
11			S/ 6,174.98	S/ 6,174.98
12			S/ 6,292.19	S/ 6,292.19
13			S/ 6,412.10	S/ 6,412.10
14	S/ 211,428.76		S/ 6,534.76	-S/ 204,894.00
15			S/ 6,660.24	S/ 6,660.24
16			S/ 6,788.60	S/ 6,788.60
17			S/ 6,919.91	S/ 6,919.91
18			S/ 7,054.23	S/ 7,054.23
19			S/ 7,191.64	S/ 7,191.64
20			S/ 7,332.21	S/ 7,332.21

**Tabla 32. Balance de caja según la inversión y los ingresos del sistema. Fuente: Propia.**

Como se observa la fila de costos de operación y mantenimiento se presenta sin valores por lo mencionado anteriormente que los mismos pobladores serán los encargados de

esta función, además de ver que en los años si se realiza una reinversión debido al cambio de baterías, también debe cambiarse cada 7 años debido a su profundidad de descarga según su ficha técnica.

Realizando una evaluación económica mediante los indicadores TIR y VAN, debido a la baja radiación de la zona la inversión en este sistema no será tentador para una entidad privada.

VAN	- S/1,491,005.26
TIR	No Existe

**Tabla 33. Evaluadores económicos para el sistema fotovoltaico. Fuente: Propia.**

Para que el sistema fotovoltaico tenga evaluadores económicos positivos se debe contar con una inversión del 97.2% como mínimo, esta inversión será no recuperable por lo que debe ser dada por un organismo gubernamental o no gubernamental, tanto en la primera como en las otras dos inversiones en los años 7 y 14.

Año	Inversión real	Monto otorgado por entidad	Monto para evaluar
0	S/ 1,395,175.51	S/ 1,356,110.59	S/ 39,064.91
7	S/ 211,428.76	S/ 205,508.75	S/ 5,920.01
14	S/ 211,428.76	S/ 205,508.75	S/ 5,920.01

**Tabla 34. Diferencia entre los montos que requiere la central, el monto que deberá proveer la entidad y el monto con el que se evalúa los indicadores económicos. Fuente: Propia.**

Con los montos de inversión nuevos a evaluar se tendrá:

Año	Inversión	Ingreso	Balance de caja
0	S/ 39,064.91	S/ -	-S/ 39,064.91
1		S/ 5,138.26	S/ 5,138.26
2		S/ 5,231.66	S/ 5,231.66
3		S/ 5,327.21	S/ 5,327.21
4		S/ 5,424.95	S/ 5,424.95
5		S/ 5,524.94	S/ 5,524.94

6		S/ 5,627.22	S/ 5,627.22
7	S/ 5,920.01	S/ 5,731.85	-S/ 188.15
8		S/ 5,838.89	S/ 5,838.89
9		S/ 5,948.38	S/ 5,948.38
10		S/ 6,060.39	S/ 6,060.39
11		S/ 6,174.98	S/ 6,174.98
12		S/ 6,292.19	S/ 6,292.19
13		S/ 6,412.10	S/ 6,412.10
14	S/ 5,920.01	S/ 6,534.76	S/ 614.75
15		S/ 6,660.24	S/ 6,660.24
16		S/ 6,788.60	S/ 6,788.60
17		S/ 6,919.91	S/ 6,919.91
18		S/ 7,054.23	S/ 7,054.23
19		S/ 7,191.64	S/ 7,191.64
20		S/ 7,332.21	S/ 7,332.21

**Tabla 35. Flujo de caja para nuevas inversiones. Fuente: Propia**

Los indicadores económicos resultan rentables:

VAN	S/118.22
TIR	12%

**Tabla 36. Evaluadores económicos con nueva inversión económica. Fuente: Propia.**

#### **IV. DISCUSIÓN**

La presente investigación se desarrolló sobre el anexo el Cardón debido a que según la realidad problemática que se manifiesta en el inicio de este informe la localidad no cuenta con acceso a energía eléctrica y está lejos de las líneas de energía por lo que hasta el día de hoy no es sustentable económicamente la conexión a las redes de distribución. La comunidad se dedica a labores agrícolas por lo que el consumo eléctrico según los registros de las concesionarias en electricidad indica que es solo para iluminación en gran medida.

Para realizar la investigación se realizó un estudio de campo donde se registró todos los lotes en el anexo el Cardón y según la normativa peruana se proyectó la demanda al año 20 como lo pide la norma, bajo los indicadores de energía que se tienen por las empresas y expedientes que se han hecho en localidades iguales así se pudo determinar el consumo de energía de manera mensual y promediarla para determinar el consumo diario, así calcular la energía que requiere generar el sistema a diario, con lo que se determinó el campo solar y el banco de baterías, de acuerdo a las condiciones de amperaje entre ellos se seleccionó el controlador y el inversor de acuerdo a la potencia y el voltaje de ingreso del campo de baterías.

Durante la evaluación económica se pudo apreciar que la gran cantidad de paneles y baterías hace que el proyecto sea inviable para el sector privado debido a que la inversión inicial y la reinversión durante los años 7 y 14 de la central no se recuperarían nunca, pero si se consigue un proveedor del gobierno o de una ONG que aporte el 97.2% de las inversiones que se deben hacer durante toda la vida del sistema, este proyecto resultara factible.

Con respecto a la investigación de Millaray (2016) y Escobar (2016) el sistema que se diseñó no estará conectado a la red por lo que no podrá aportar energía al interconectado, sin embargo, la tecnología seleccionada tiene dentro de sus aplicaciones una etapa para generar la conexión a la red eléctrica lo que facilitara el acople de la central cuando las redes de energía llegues hasta el anexo debido a que con la existencia de energía el crecimiento poblacional dentro de la zona aumentara según los registros de las concesionarias eléctricas esto podrá facilitar el ingreso de redes de distribución y en corto tiempo después de instalada una central con el sistema fotovoltaico provisto en este informe, la central quedaría como una generadora de energía distribuida.

En concordancia con Gonzales (2014) la tecnología fotovoltaica actualmente permite configuraciones de mayor facilidad ya que se cuenta con componentes que permiten trabajar de manera autónoma y en conjunto con ingreso de tomas externas de energía, además, que la tecnología fotovoltaica ha evolucionado de una manera considerable teniendo altos porcentajes de conversión de energía, el problema es en cuanto al almacenamiento que sigue siendo el dispositivo más costoso y de menos vida útil de la instalación.

La investigación de Vásquez (2017) también se orientó a suministrar energía eléctrica a un centro poblado pero este encaro el levantamiento de datos para determinar el consumo de energía por medio de encuestas, esta técnica no es justificable ya que los datos que pueden dar los pobladores sobre el tema de consumo de energía viene a ser muy pobre debido al poco conocimiento que tendrían sobre el tema se estableció seguir la normativa peruana que se utiliza para realizar proyectos de ejecución pública donde se referencia el consumo justamente a la realidad peruana y puede evidenciar datos que son respaldados por un organismo estatal.

Al igual que Odar (2016) se considera que la energía fotovoltaica es una de las tendencias más importantes que se ha desarrollado en la actualidad ya que genera energía limpia de una fuente incommensurable que es el recurso solar, esta forma de energía es la más limpia ya que no presenta ningún desperdicio debido a su tecnología y no genera gastos de mantenimiento que involucren ningún contaminante al medio ambiente, aunque las baterías presentan gran impacto cuando son desechadas sin ningún criterio actualmente existen empresas que se encargan de reutilizarlas o reciclarlas cuando están terminan su vida útil.

## V. CONCLUSIONES

- La demanda eléctrica se proyectó para veinte años debido a que así lo exige la normativa para el año 0 que es cuando no existiría el sistema será de 6.1 KW y para el año 20 de 9.33 kW el consumo de energía también se cuantificó en 680.37 kWh mensual para el año 0 y de 850.90 Kwh mensual para el año 20.
- El sistema fotovoltaico se diseñó para que pudiera trabajar entregando el máximo de la demanda de energía durante el mes más crítico que resultó ser julio ya que según las bases de la NASA se tiene una radiación solar promedio de 0.14 kWh/m<sup>2</sup>/día, con esto el campo solar requerirá de 933 unidades de paneles de 370 Wp, el campo de baterías será de 262 baterías de 115 Ah, para el control de la carga se utilizara 194 controladores para la inversión 2 inversores de 5 KW de potencia.
- Se evaluó los indicadores económicos para los costos de la central considerando la venta de energía, con ello se determinó que para el sector privado no sería atractivo el proyecto debido a que los indicadores económicos son negativos, por lo que se planteó que el sistema tendría una viabilidad económica si la inversión es cubierta en un 97.2% durante el año cero, siete y catorce por una institución del estado o una ONG.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Un registro del área promedio la propiedad, podría ser un mejor indicador del consumo energético de cada lote.
- Optar por un sistema híbrido podría reducir los costos de generación debido a la cantidad tan grande del campo solar y el banco de baterías.
- Proponer los resultados de la investigación como un expediente de inversión pública.

## REFERENCIAS

- Aguirre Delgado, Renato. 2016.** *Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para suministrar agua para riego al fundo Rodríguez distrito de Oyotún de la provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque.* Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque : s.n., 2016. pág. 120, Tesis Pregrado.
- Arribas, Luis y García Villas, Marianela. 2001.** *Energía Solar Fotovoltaica y Cooperación al Desarrollo.* s.l. : IEPALA Editorial, 2001. pág. 216.
- Cantos Serrano, Julian. 2016.** *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas.* Austria : Ediciones Parafino, 2016. 978 84 283 3756 4.
- . **2016.** *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas.* España : Parafino, 2016. pág. 368. 978-84-283-3756-4.
- Cata Sanchez, Jefferson Eusebio y Rodríguez Socola, Fulton Mijail. 2015.** *Análisis Matemático de un Panel Fotovoltaico de Silicio.* Carrera de Ingeniería Eléctrica, Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil : s.n., 2015. pág. 113, Tesis Pregrado.
- Conductive paste based interconnection for photovoltaic modules.* **Hyung-Jun, Canción de, y otros. 2018.** Waikoloa Village : s.n., 2018, 2018 IEEE 7th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC) (A Joint Conference of 45th IEEE PVSC, 28th PVSEC & 34th EU PVSEC), págs. 2838-2840.
- Cordova Chapoñan, Isaac Gabriel. 2019.** *Microgeneración Fotovoltaica Con el Software PVSYST en el Centro Poblado San Marcos - Lambayeque.* Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque : s.n., 2019. pág. 117, Tesis de Pregrado.
- Correa Montenegro, Hilton Jhoel y Gonzales Silva, Victor Juan. 2018.** *Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para la generación de energía eléctrica en la institución educativa N° 287 de la comunidad nativa Villa Gonzalo, Distrito de Río Santiago, Provincia Condorcanque, Departamento de Amazonas.* Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas: Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque : s.n., 2018. pág. 125, Tesis Pregrado.
- De la Cruz, Wuilber Clemente. 2014.** *Optimización del sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas aisladas altoandinas.* Escuela de Postgrado, Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo : s.n., 2014. pág. 128, Tesis de Maestría.

**Delgado Guervara, Alberto. 2016.** *Propuesta de Sistema Fotovoltaico para Ahorro de Energía Eléctrica de una Incubadora Avícola en la Ciudad de Chiclayo 2016.* Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad César Vallejos. Chiclayo : s.n., 2016. pág. 83, Tesis Pregrado.

*Demand response for the promotion of photovoltaic penetration.* **V. Venizelou, S. Theocharides, G. Makrides, V. Efthymiou and G. E. Georghiou. 2017.** Washington, DC : s.n., 2017, 017 IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), págs. 3107-3112.

**DGE - MEN. 2003.** Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural. *Norma DGE.* Lima : s.n., 2003.

**Energía & Negocios. 2019.** ABB en Perú lanzó el nuevo relé de protección todo en uno: REX 640. [En línea] 24 de enero de 2019. [Citado el: 14 de junio de 2019.] <https://revistaenergiaynegocios.com/2019/01/24/abb-en-peru-lanzo-el-nuevo-rele-de-proteccion-todo-en-uno-rex-640/>.

**Fiestas Chevez, Jose. 2018.** *Optimización productiva del Mercado Eléctrico Peruano 2017-2040.* Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura. Piura : s.n., 2018. pág. 152, Tesis Maestría.

**Flores Chempen, Jesus Isidoro. 2018.** *Estudio de Factibilidad de uso de Energía Fotovoltaica Para Abastecer de Agua Potable del Caserío Túpac Amaru, Olmos, 2018.* Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad César Vallejo. Chiclayo : s.n., 2018. pág. 130, Tesis Pregrado.

**FOCER. 2002.** *Manual Sobre Energía Renovable: Solar Fotovoltaica.* San Jose : Copyright, 2002. pág. 49. 9968-9708-9-1.

**Guevara Lopez, Alex Camilo. 2016.** *Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado, alimentado por un sistema fotovoltaico para el cultivo hidropónico en una planta piloto en el sector de San Vicente - Quero.* Escuela de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riovamba : s.n., 2016. pág. 104, Tesis Pregrado.

*Implementación de un Prototipo de Sistema Fotovoltaico Autónomo: Construcción, Caracterización y Monitoreo.* **Nieves, J y Aristizabal, J. 2014.** Octubre de 2014, Conference Paper, págs. 1-7.

**Inguanzo Saucedo, Joselyn, y otros. 2016.** *Caracterización Estructural y eléctrica de celdas fotovoltaicas de doble y triple capa.* Departamento de Estudios de Posgrado, Centro de Investigación en Materiales Avanzados. Chihuahua : s.n., 2016. pág. 50, Tesis Maestría.

**ISTAS.** Energia, Cambio Climatico y Centro de Energias Renovables y empleo. [En línea] Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud. [Citado el: 8 de Julio de 2019.] <https://istas.net/medio-ambiente/energia-cambio-climatico-y-centro-de-energias-renovables-y-empleo#more-in-section>.

**Lagos Gomez, Fidel Victor.**

**Mendoza Alcantara, Luis Alberto, y otros. 2009.** *Compendio Estadístico Departamental 2009 - Cajamarca.* s.l. : INEI, 2009.

**Mendoza Yupanqui, Paul Yampier. 2017.** *Diseño de generador Hidroeléctrico Portable para Zonas Rurales.* Carrera de Ingeniería Mecatrónica, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : s.n., 2017. pág. 61, Tesis Pregrado.

**Ministerio de Energía y Minas. 2011.** Condigo Nacional de Electricidad - Suministro 2011. Lima, Lima, Peru : s.n., 2011. Vol. 1, pág. 326.

**Minotta Marin, Luis Fernando y Villavicencio Aluma, Isable Cristina. 2017.** *Diseño de alternativas para la generación de energía eléctrica conectada a la red por medio de energía solar para el edificio Almendros de la Universidad Javeriana Cali: sistema fotovoltaico o sistema de ciclo Rankine con energía solar concentrada.* Departamento de Ingeniería Industrial, Pontificia Universidad Javeriana Cali. Santiago de Cali : s.n., 2017. pág. 106, Tesis de Pregrado.

**Miranda Escobar, Millaray Alejandra. 2016.** *Diseño de un sistema de generación fotovoltaica para viviendas conectadas a la red de distribución, en el contexto de la Ley N°20.571.* Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Chile. Santiago de Chile : s.n., 2016. pág. 76, Tesis Pregrado.

**Mora Gorozabel, Ivan Douglas y Leon Yungaicela, Kleber Walter. 2015.** *Diseño e Implementación de un Sistema de Iluminación Fotovoltaica de Respaldo para los Laboratorios de Electrónica de Potencia y Control Automático.* Carrera de Ingeniería Electrónica, Universidad Politécnica Salesiana . Guayaquil : s.n., 2015. pág. 141, Tesis Pregrado.

**Negron Llacuachaqui, Franco Heriberto y Salcedo Rosas, Jose De Monthy. 2017.** *Comparación de la eficiencia de sistemas fotovoltaicos mediante seguimiento solar.* Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo : s.n., 2017. pág. 111, Tesis Pregrado.

**Osinergmin. 2017.** *La Industria de la Energía Renovable en el Perú.* [ed.] Arturo Leonardo Vazques Cordano. Lima : Grafica Biblios SA, 2017. pág. 157. 978-612-47350-2-8.

**Peralta Vera, Aixa Anel. 2018.** *Estudio experimental de un sistema de bombeo solar fotovoltaico en corriente continua.* Facultad de Ingenieria, Universidad Tecnológica del Perú. Arequipa : s.n., 2018. pág. 67, Tesis Pregrado.

*Performance and reliability evaluation of concentrated photovoltaic (CPV) power plants.*

**C. Raupp, S. Tatapudi, B. Bicer and G. Tamizhmani. 2015.** New Orleans, LA : s.n., 2015, 015 IEEE 42nd Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), págs. 1-4.

*Radiación solar invisible y arquitectura.* **Lira Oliver, Adriana. 2017.** 33, 2017, Bitacora Arquitectura, págs. 116-124.

**Romero R., Rodrigo. 2015.** *Perpectivas de desarroll de la energia solar en Chile SERC como caso de estudio.* Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile. 2015. pág. 126, Tesis Maestria.

**Sebastian, Eliseo. 2019.** EliseoSebastian.com. *Distancia entre paneles solares.* [En línea] 16 de octubre de 2019. [Citado el: 13 de octubre de 2019.] <https://eliseosebastian.com/distancia-entre-paneles-fotovoltaicos/>.

*Smart combiner for fixed commercial photovoltaic systems using power line communication.*

**C. Herndon, Y. Erkaya, C. Xin, I. Flory, S. Dhali and S. X. Marsillac. 2014.** Denver, CO : s.n., 2014, 2014 IEEE 40th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), págs. 3114-3118.

**SUNFIELDS EUROPE. SUNFIELDS EUROPE.** *Como calcular la seccion de conductor para instalaciones con paneles solares?* [En línea] [Citado el: 15 de octubre de 2019.] <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-seccion-de-cable-para-paneles-solares/>.

*Swiss Energy Strategy 2050: Research on photovoltaic electricity production.* **E. Schuepbach, U. Muntwyler, T. Schott, M. Jost, C. Renken and M. Lanz. 2015.** Monte Carlo : s.n., 2015, 015 Tenth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), págs. 1-5.

*The Control Method and Design of Photovoltaic Tracking System.* **Zhengxi, Li, y otros. 2015.** Guiyang : s.n., 2015, 2015 Sixth International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications (ISDEA), págs. 838-841.

**Valdiviezo Salas, Paul Daniel. 2014.** *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energia electrica de 15 computadoras portatiles en la PUCP.* Carrera de Ingenieria Mecanica, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : s.n., 2014. pág. 74, Tesis Pregrado.

**Villalobos Cabrera, Jony. 2014.** *Plan Maestro de Electrificación Rural con Energía Fotovoltaica en la Región Lambayeque.* Escuela de Postgrado, Universidad Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque : s.n., 2014. pág. 84, Tesis de Maestría.

## **ANEXOS**

## Anexo 01.- Caída de tensión

Para el cálculo de caída de tensión se utilizará la fórmula:

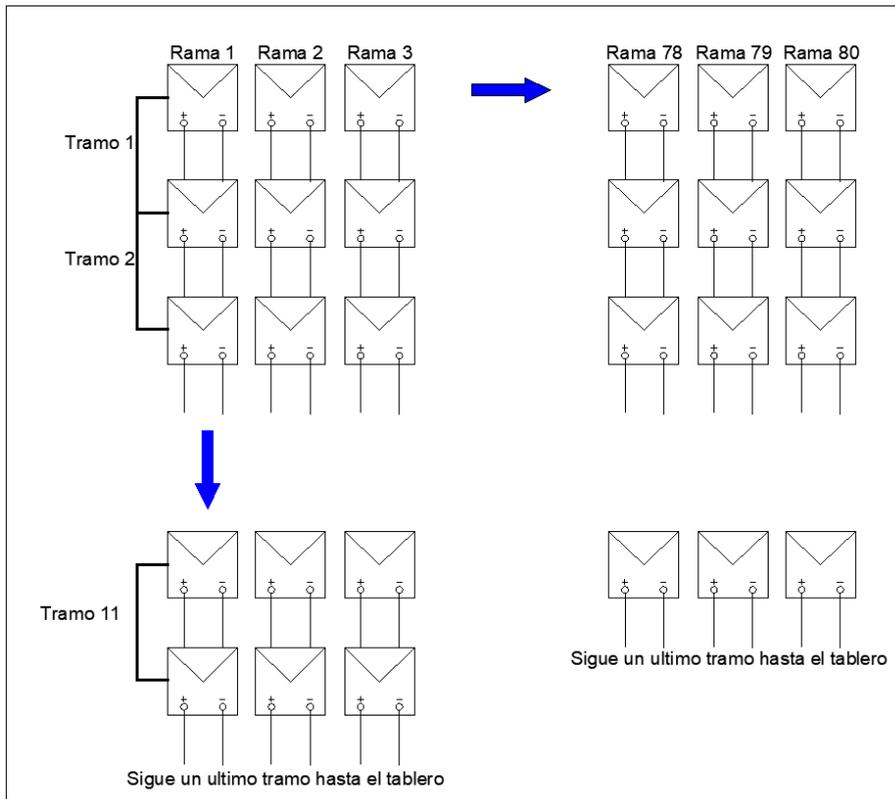
$$V_a - V_b = \frac{2LI\rho}{S}$$

Dónde:

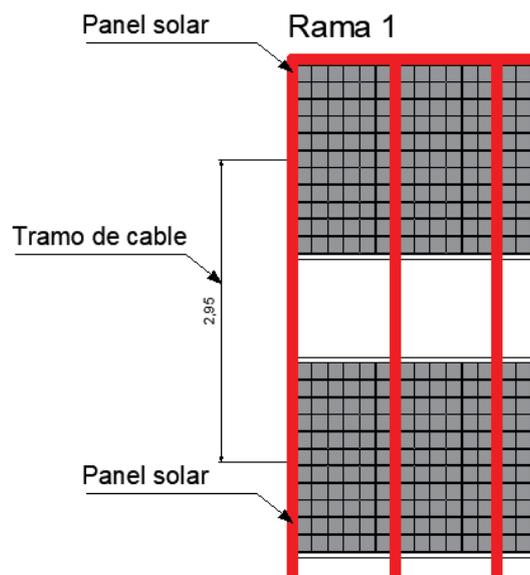
- S : Sección del cable mínima (mm<sup>2</sup>).
- L : Longitud (m).
- I : Intensidad (A).
- V<sub>a</sub>-V<sub>b</sub> : Caída de tensión admisible (V).
- ρ : Resistividad del cobre (W mm<sup>2</sup>/m).

Se considera la resistividad del cobre según la información encontrada de 0.00178 W mm<sup>2</sup>/m por lo tanto para determinar la sección del conductor se debe considerar la longitud y la intensidad que recorre dicho conductor.

Según la ubicación de los módulos se genera ramales de módulos que se conectaran en paralelo, se forman una cantidad de 80 ramales que se llevaran de manera independiente hasta los tableros de distribución que contienen los cargadores para el control de las baterías. De estos 80 ramales cada 53 están conformados por 12 paneles solares en paralelo y los otros 27 solo por 11, debido a la cantidad de paneles con los que cuenta el campo solar esta es la mejor opción para su arreglo. Debido a que cada panel aportara un amperaje propio el tramo de cable que conecta un panel hacia el siguiente llevara la intensidad de los paneles precedentes al que está conectado.



La longitud que tienen los tramos entre paneles es de 2.95 m el ultimo panel se conectará directo a los tableros de distribución.

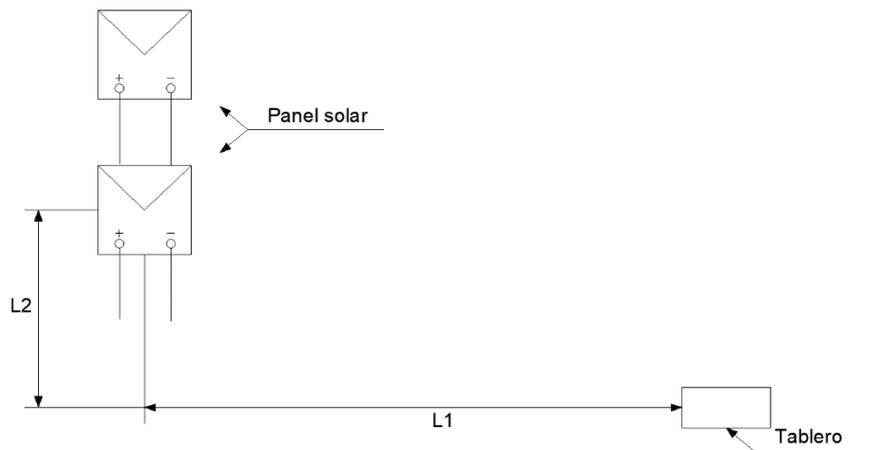


Debido a la ubicación de los paneles las 53 primeras ramas tendrán solo 11 tramos entre ellos, las otras 27 tendrán solo 10, los últimos tramos que van hasta los tableros auto soportados serán diferentes debido a la posición de estos, los tramos desde el panel 11 de los 53 primeros ramales serán:

Último tramo	L1	L2	Último tramo	L1	L2
Ramal 1	35.89	2.38	Ramal 41	0	2.38
Ramal 2	34.9	2.38	Ramal 42	1.53	5.22
Ramal 3	33.9	2.38	Ramal 43	2.52	5.22
Ramal 4	32.91	2.38	Ramal 44	3.51	5.22
Ramal 5	31.92	2.38	Ramal 45	4.51	5.22
Ramal 6	30.93	2.38	Ramal 46	5.5	5.22
Ramal 7	29.94	2.38	Ramal 47	6.49	5.22
Ramal 8	28.94	2.38	Ramal 48	7.48	5.22
Ramal 9	27.95	2.38	Ramal 49	8.47	5.22
Ramal 10	26.96	2.38	Ramal 50	9.47	5.22
Ramal 11	25.97	2.38	Ramal 51	10.46	5.22
Ramal 12	24.98	2.38	Ramal 52	11.45	5.22
Ramal 13	23.98	2.38	Ramal 53	12.44	5.22
Ramal 14	22.99	2.38	Ramal 54	13.43	5.22
Ramal 15	22	2.38	Ramal 55	14.43	5.22
Ramal 16	21.01	2.38	Ramal 56	15.42	5.22
Ramal 17	20.02	2.38	Ramal 57	16.41	5.22
Ramal 18	19.02	2.38	Ramal 58	17.4	5.22
Ramal 19	18.03	2.38	Ramal 59	18.39	5.22
Ramal 20	17.04	2.38	Ramal 60	19.39	5.22
Ramal 21	16.05	2.38	Ramal 61	20.38	5.22
Ramal 22	15.06	2.38	Ramal 62	21.37	5.22
Ramal 23	14.06	2.38	Ramal 63	22.36	5.22
Ramal 24	13.07	2.38	Ramal 64	23.35	5.22
Ramal 25	12.08	2.38	Ramal 65	24.35	5.22
Ramal 26	11.09	2.38	Ramal 66	25.34	5.22
Ramal 27	10.1	2.38	Ramal 67	26.33	5.22
Ramal 28	9.1	2.38	Ramal 68	27.32	5.22
Ramal 29	8.11	2.38	Ramal 69	28.31	5.22
Ramal 30	7.12	2.38	Ramal 70	29.31	5.22
Ramal 31	6.13	2.38	Ramal 71	30.3	5.22
Ramal 32	5.14	2.38	Ramal 72	31.29	5.22
Ramal 33	4.14	2.38	Ramal 73	32.28	5.22
Ramal 34	3.15	2.38	Ramal 74	33.27	5.22
Ramal 35	2.16	2.38	Ramal 75	34.27	5.22

Ramal 36	1.17	2.38	Ramal 76	35.26	5.22
Ramal 37	0	2.38	Ramal 77	36.25	5.22
Ramal 38	0	2.13	Ramal 78	37.24	5.22
Ramal 39	0	2.13	Ramal 79	38.23	5.22
Ramal 40	0	2.13	Ramal 80	39.23	5.22

La longitud 1 (L1) es la longitud horizontal desde la posición de los tableros hasta la ubicación del ramal, y la longitud 2 (L2) es la longitud vertical hasta la posición de la conexión del último panel fotovoltaico.



Analizando las caídas de tensión de los primeros ramales (1-53) donde se encuentran 11 tramos de cable.

Tramos	L	I	S	Va-Vb
1	2.95	9.23	10.0	0.0097
2	2.95	18.46	10.0	0.0195
3	2.95	27.69	10.0	0.0292
4	2.95	36.92	10.0	0.0389
5	2.95	46.15	16.0	0.0304
6	2.95	55.38	16.0	0.0365
7	2.95	64.61	16.0	0.0426
8	2.95	73.84	16.0	0.0486
9	2.95	83.07	16.0	0.0547
10	2.95	92.30	16.0	0.0608
11	2.95	101.53	16.0	0.0669

Y los siguientes 27 ramas que tienen solo 10 tramos de conductores tendrán una caída de tensión:

Tramos	L	I	S	Va-Vb
1	2.95	9.23	10.0	0.0097
2	2.95	18.46	10.0	0.0195
3	2.95	27.69	16.0	0.0182
4	2.95	36.92	16.0	0.0243
5	2.95	46.15	16.0	0.0304
6	2.95	55.38	16.0	0.0365
7	2.95	64.61	16.0	0.0426
8	2.95	73.84	16.0	0.0486
9	2.95	83.07	16.0	0.0547
10	6.75	92.30	16.0	0.1391

Se realiza el mismo análisis para los últimos tramos de los 80 ramales.

Último tramo	L1	L2	I	S	Va-Vb
Ramal 1	35.89	2.38	101.53	50.0	0.2776
Ramal 2	34.9	2.38	101.53	50.0	0.2704
Ramal 3	33.9	2.38	101.53	50.0	0.2631
Ramal 4	32.91	2.38	101.53	50.0	0.2560
Ramal 5	31.92	2.38	101.53	50.0	0.2488
Ramal 6	30.93	2.38	101.53	50.0	0.2416
Ramal 7	29.94	2.38	101.53	50.0	0.2344
Ramal 8	28.94	2.38	101.53	50.0	0.2272
Ramal 9	27.95	2.38	101.53	50.0	0.2200
Ramal 10	26.96	2.38	101.53	50.0	0.2128
Ramal 11	25.97	2.38	101.53	50.0	0.2056
Ramal 12	24.98	2.38	101.53	50.0	0.1985
Ramal 13	23.98	2.38	101.53	50.0	0.1912
Ramal 14	22.99	2.38	101.53	50.0	0.1840
Ramal 15	22	2.38	101.53	50.0	0.1768
Ramal 16	21.01	2.38	101.53	50.0	0.1697
Ramal 17	20.02	2.38	101.53	50.0	0.1625
Ramal 18	19.02	2.38	101.53	50.0	0.1552
Ramal 19	18.03	2.38	101.53	50.0	0.1480
Ramal 20	17.04	2.38	101.53	50.0	0.1409
Ramal 21	16.05	2.38	101.53	25.0	0.2674
Ramal 22	15.06	2.38	101.53	25.0	0.2530

Ramal 23	14.06	2.38	101.53	25.0	0.2385
Ramal 24	13.07	2.38	101.53	25.0	0.2241
Ramal 25	12.08	2.38	101.53	25.0	0.2098
Ramal 26	11.09	2.38	101.53	25.0	0.1954
Ramal 27	10.1	2.38	101.53	25.0	0.1810
Ramal 28	9.1	2.38	101.53	16.0	0.2602
Ramal 29	8.11	2.38	101.53	16.0	0.2378
Ramal 30	7.12	2.38	101.53	16.0	0.2153
Ramal 31	6.13	2.38	101.53	16.0	0.1929
Ramal 32	5.14	2.38	101.53	16.0	0.1705
Ramal 33	4.14	2.38	101.53	16.0	0.1478
Ramal 34	3.15	2.38	101.53	16.0	0.1253
Ramal 35	2.16	2.38	101.53	16.0	0.1029
Ramal 36	1.17	2.38	101.53	16.0	0.0805
Ramal 37	0	2.38	101.53	16.0	0.0539
Ramal 38	0	2.13	101.53	16.0	0.0483
Ramal 39	0	2.13	101.53	16.0	0.0483
Ramal 40	0	2.13	101.53	16.0	0.0483
Ramal 41	0	2.38	101.53	16.0	0.0539
Ramal 42	1.53	5.22	101.53	16.0	0.1530
Ramal 43	2.52	5.22	101.53	16.0	0.1754
Ramal 44	3.51	5.22	101.53	16.0	0.1979
Ramal 45	4.51	5.22	101.53	16.0	0.2205
Ramal 46	5.5	5.22	101.53	16.0	0.2430
Ramal 47	6.49	5.22	101.53	16.0	0.2654
Ramal 48	7.48	5.22	101.53	25.0	0.1842
Ramal 49	8.47	5.22	101.53	25.0	0.1986
Ramal 50	9.47	5.22	101.53	25.0	0.2131
Ramal 51	10.46	5.22	101.53	25.0	0.2275
Ramal 52	11.45	5.22	101.53	25.0	0.2418
Ramal 53	12.44	5.22	101.53	25.0	0.2562
Ramal 54	13.43	5.22	92.30	25.0	0.2460
Ramal 55	14.43	5.22	92.30	25.0	0.2591
Ramal 56	15.42	5.22	92.30	25.0	0.2722
Ramal 57	16.41	5.22	92.30	25.0	0.2853
Ramal 58	17.4	5.22	92.30	25.0	0.2983
Ramal 59	18.39	5.22	92.30	50.0	0.1557
Ramal 60	19.39	5.22	92.30	50.0	0.1623
Ramal 61	20.38	5.22	92.30	50.0	0.1688
Ramal 62	21.37	5.22	92.30	50.0	0.1753
Ramal 63	22.36	5.22	92.30	50.0	0.1819
Ramal 64	23.35	5.22	92.30	50.0	0.1884
Ramal 65	24.35	5.22	92.30	50.0	0.1950
Ramal 66	25.34	5.22	92.30	50.0	0.2015

Ramal 67	26.33	5.22	92.30	50.0	0.2080
Ramal 68	27.32	5.22	92.30	50.0	0.2146
Ramal 69	28.31	5.22	92.30	50.0	0.2211
Ramal 70	29.31	5.22	92.30	50.0	0.2277
Ramal 71	30.3	5.22	92.30	50.0	0.2342
Ramal 72	31.29	5.22	92.30	50.0	0.2407
Ramal 73	32.28	5.22	92.30	50.0	0.2473
Ramal 74	33.27	5.22	92.30	50.0	0.2538
Ramal 75	34.27	5.22	92.30	50.0	0.2604
Ramal 76	35.26	5.22	92.30	50.0	0.2669
Ramal 77	36.25	5.22	92.30	50.0	0.2734
Ramal 78	37.24	5.22	92.30	50.0	0.2800
Ramal 79	38.23	5.22	92.30	50.0	0.2865
Ramal 80	39.23	5.22	92.30	50.0	0.2931

Sumando las caídas de tensión de los tramos 1 a 53 y 54 a 27 según corresponde se tienen la caída de tensión total por tramo.

Ramal	L1	L2	I	S	Va-Vb	(Va-Vb)total
Ramal 1	35.89	2.38	101.53	50.0	0.2776	0.715
Ramal 2	34.9	2.38	101.53	50.0	0.2704	0.708
Ramal 3	33.9	2.38	101.53	50.0	0.2631	0.701
Ramal 4	32.91	2.38	101.53	50.0	0.2560	0.694
Ramal 5	31.92	2.38	101.53	50.0	0.2488	0.686
Ramal 6	30.93	2.38	101.53	50.0	0.2416	0.679
Ramal 7	29.94	2.38	101.53	50.0	0.2344	0.672
Ramal 8	28.94	2.38	101.53	50.0	0.2272	0.665
Ramal 9	27.95	2.38	101.53	50.0	0.2200	0.658
Ramal 10	26.96	2.38	101.53	50.0	0.2128	0.650
Ramal 11	25.97	2.38	101.53	50.0	0.2056	0.643
Ramal 12	24.98	2.38	101.53	50.0	0.1985	0.636
Ramal 13	23.98	2.38	101.53	50.0	0.1912	0.629
Ramal 14	22.99	2.38	101.53	50.0	0.1840	0.622
Ramal 15	22	2.38	101.53	50.0	0.1768	0.615
Ramal 16	21.01	2.38	101.53	50.0	0.1697	0.607
Ramal 17	20.02	2.38	101.53	50.0	0.1625	0.600
Ramal 18	19.02	2.38	101.53	50.0	0.1552	0.593

Ramal 19	18.03	2.38	101.53	50.0	0.1480	0.586
Ramal 20	17.04	2.38	101.53	50.0	0.1409	0.579
Ramal 21	16.05	2.38	101.53	25.0	0.2674	0.705
Ramal 22	15.06	2.38	101.53	25.0	0.2530	0.691
Ramal 23	14.06	2.38	101.53	25.0	0.2385	0.676
Ramal 24	13.07	2.38	101.53	25.0	0.2241	0.662
Ramal 25	12.08	2.38	101.53	25.0	0.2098	0.647
Ramal 26	11.09	2.38	101.53	25.0	0.1954	0.633
Ramal 27	10.1	2.38	101.53	25.0	0.1810	0.619
Ramal 28	9.1	2.38	101.53	16.0	0.2602	0.698
Ramal 29	8.11	2.38	101.53	16.0	0.2378	0.675
Ramal 30	7.12	2.38	101.53	16.0	0.2153	0.653
Ramal 31	6.13	2.38	101.53	16.0	0.1929	0.631
Ramal 32	5.14	2.38	101.53	16.0	0.1705	0.608
Ramal 33	4.14	2.38	101.53	16.0	0.1478	0.585
Ramal 34	3.15	2.38	101.53	16.0	0.1253	0.563
Ramal 35	2.16	2.38	101.53	16.0	0.1029	0.541
Ramal 36	1.17	2.38	101.53	16.0	0.0805	0.518
Ramal 37	0	2.38	101.53	16.0	0.0539	0.492
Ramal 38	0	2.13	101.53	16.0	0.0483	0.486
Ramal 39	0	2.13	101.53	16.0	0.0483	0.486
Ramal 40	0	2.13	101.53	16.0	0.0483	0.486
Ramal 41	0	2.38	101.53	16.0	0.0539	0.492
Ramal 42	1.53	5.22	101.53	16.0	0.1530	0.591
Ramal 43	2.52	5.22	101.53	16.0	0.1754	0.613
Ramal 44	3.51	5.22	101.53	16.0	0.1979	0.636
Ramal 45	4.51	5.22	101.53	16.0	0.2205	0.658
Ramal 46	5.5	5.22	101.53	16.0	0.2430	0.681
Ramal 47	6.49	5.22	101.53	16.0	0.2654	0.703
Ramal 48	7.48	5.22	101.53	25.0	0.1842	0.622
Ramal 49	8.47	5.22	101.53	25.0	0.1986	0.636
Ramal 50	9.47	5.22	101.53	25.0	0.2131	0.651
Ramal 51	10.46	5.22	101.53	25.0	0.2275	0.665
Ramal 52	11.45	5.22	101.53	25.0	0.2418	0.679

Ramal 53	12.44	5.22	101.53	25.0	0.2562	0.694
Ramal 54	13.43	5.22	92.30	25.0	0.2460	0.670
Ramal 55	14.43	5.22	92.30	25.0	0.2591	0.683
Ramal 56	15.42	5.22	92.30	25.0	0.2722	0.696
Ramal 57	16.41	5.22	92.30	25.0	0.2853	0.709
Ramal 58	17.4	5.22	92.30	25.0	0.2983	0.722
Ramal 59	18.39	5.22	92.30	50.0	0.1557	0.579
Ramal 60	19.39	5.22	92.30	50.0	0.1623	0.586
Ramal 61	20.38	5.22	92.30	50.0	0.1688	0.592
Ramal 62	21.37	5.22	92.30	50.0	0.1753	0.599
Ramal 63	22.36	5.22	92.30	50.0	0.1819	0.605
Ramal 64	23.35	5.22	92.30	50.0	0.1884	0.612
Ramal 65	24.35	5.22	92.30	50.0	0.1950	0.619
Ramal 66	25.34	5.22	92.30	50.0	0.2015	0.625
Ramal 67	26.33	5.22	92.30	50.0	0.2080	0.632
Ramal 68	27.32	5.22	92.30	50.0	0.2146	0.638
Ramal 69	28.31	5.22	92.30	50.0	0.2211	0.645
Ramal 70	29.31	5.22	92.30	50.0	0.2277	0.651
Ramal 71	30.3	5.22	92.30	50.0	0.2342	0.658
Ramal 72	31.29	5.22	92.30	50.0	0.2407	0.664
Ramal 73	32.28	5.22	92.30	50.0	0.2473	0.671
Ramal 74	33.27	5.22	92.30	50.0	0.2538	0.677
Ramal 75	34.27	5.22	92.30	50.0	0.2604	0.684
Ramal 76	35.26	5.22	92.30	50.0	0.2669	0.690
Ramal 77	36.25	5.22	92.30	50.0	0.2734	0.697
Ramal 78	37.24	5.22	92.30	50.0	0.2800	0.704
Ramal 79	38.23	5.22	92.30	50.0	0.2865	0.710
Ramal 80	39.23	5.22	92.30	50.0	0.2931	0.717

## Anexo 02.- Fichas técnicas de componentes fotovoltaicos

### UCG 115-12

12V 115AH

Deep Cycle

**Ultracell®**  
"Quality in Every Language"

#### UCG115-12



#### Physical Specification

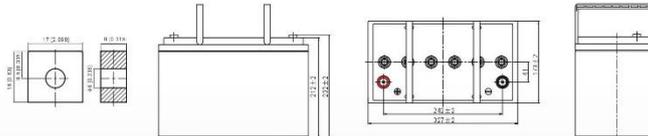
Part Number:	<b>UCG115-12</b>
Length:	<b>328 ± 2 mm</b>
Width:	<b>173 ± 2 mm</b>
Container Height:	<b>212 ± 2 mm</b>
Total Height (with terminal):	<b>232 ± 2 mm</b>
Approx Weight:	<b>Approx 31kg</b>

#### Specifications

	Normal Voltage	12V
	Normal Capacity (100HR)	115AH
Terminal Type	Standard Terminal	F10
	Optional Terminal	F11
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	UL94:VO
Rated Capacity	104.0 AH/5.20A	(20hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	100.0 AH/10.0A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	88.0 AH/17.6A	(5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	76.2 AH/25.4A	(3hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	63.8 AH/63.8A	(1hr, 1.60V/cell, 25°C / 77°F)
Max Discharge Current	1000A (5s)	
Internal Resistance	Approx 5.9mΩ	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -20 ~ 55°C (-4 ~ 131°F)
		Charge: 0 ~ 40°C (32 ~ 104°F)
		Storage: -20 ~ 50°C (-4 ~ 122°F)
	Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)
	Cycle Use	Initial Charging Current less than 24.0A 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% 0°C (32°F) 86%
Design Floating Life at 20°C	15 Years	
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 9 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.	

#### Dimensions

##### F10 Terminal

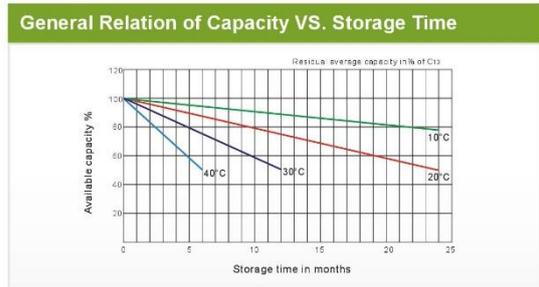
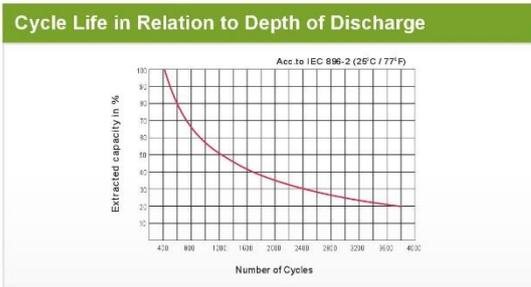
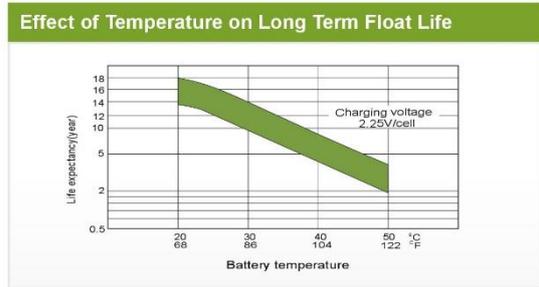
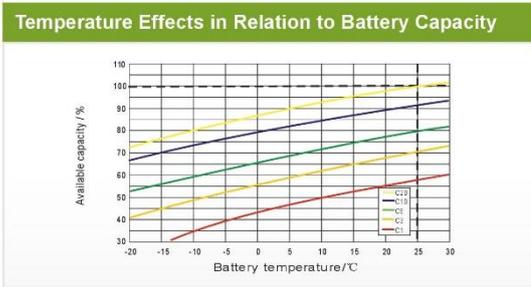
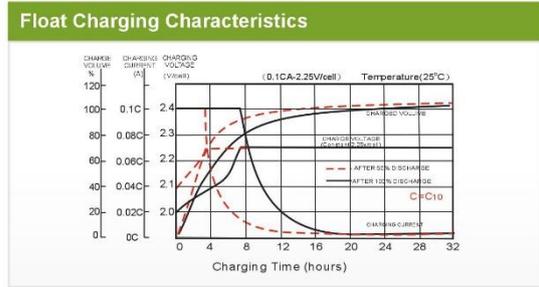
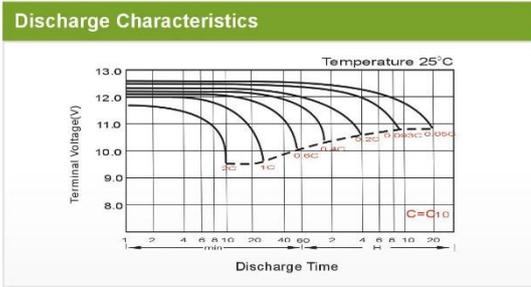


ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE



Constant Current Discharge (Amperes) at 25°C (77°F)															
F.V/Time	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/cell	173.6	146.4	130.2	115.3	87.5	65.2	52.4	31.3	23.5	19.2	16.4	14.4	11.6	9.65	5.13
1.80V/cell	210.0	167.6	143.7	123.5	92.1	68.7	55.1	33.1	24.6	20.2	17.2	15.0	12.0	10.0	5.20
1.75V/cell	237.0	186.3	154.0	130.8	96.5	71.3	57.1	34.4	25.4	20.7	17.6	15.3	12.2	10.1	5.29
1.70V/cell	261.6	199.5	165.1	138.9	101.8	74.6	59.5	35.3	26.0	21.2	17.9	15.6	12.4	10.2	5.34
1.65V/cell	291.7	215.1	178.5	146.6	106.7	77.4	61.9	36.3	26.7	21.7	18.3	15.9	12.6	10.3	5.40
1.60V/cell	330.8	232.5	188.5	154.3	112.3	80.5	63.8	37.5	27.6	22.2	18.6	16.2	12.7	10.5	5.45

Constant Power Discharge (Watts) at 25°C (77°F)															
F.V/Time	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/cell	322.5	274.9	247.1	220.5	168.5	126.4	102.2	60.8	45.7	37.5	32.2	28.2	22.9	19.1	10.2
1.80V/cell	386.4	312.2	271.0	235.1	176.8	132.7	107.2	63.8	47.7	39.2	33.6	29.4	23.7	19.8	10.3
1.75V/cell	431.3	344.9	288.7	247.8	184.3	137.3	110.8	66.0	49.1	40.1	34.3	29.9	24.0	19.9	10.4
1.70V/cell	470.9	366.5	307.7	261.8	193.6	143.0	115.0	67.6	50.1	41.0	34.8	30.4	24.3	20.1	10.5
1.65V/cell	519.3	391.4	330.2	274.5	201.9	147.7	119.1	69.2	51.3	41.8	35.3	30.8	24.6	20.3	10.6
1.60V/cell	578.9	418.2	345.1	286.6	211.1	152.9	122.4	71.1	52.7	42.6	35.9	31.3	24.8	20.5	10.7



ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE





Modelo: PC1500B-60DU

## PC1500B Series PWM - Regulador carga solar

### Características:

- En intensidades 10A 20A 30A 40A 50A 60A.
- Pantalla LCD de fácil lectura.
- Operación sencilla por botones.
- Detección automática de voltaje del sistema.
- Algoritmo carga inteligente PWM.
- Protección ajustable carga-descarga.
- Compensación automática por temperatura.
- Selección de tecnología de batería.
- Protección de corriente inversa de batería.
- Desconexión de batería por bajo voltaje (LVD).
- Protección polaridad invertida en batería.
- Protección por sobre-voltaje.
- Puertos para carga USB en modelos hasta 40A.

### Introducción:

Este regulador solar de carga y descarga inteligente tiene una interfaz sencilla y visual gracias a su pantalla LCD de grandes dimensiones. Muchos parámetros de control se pueden ajustar con gran flexibilidad en función de nuestros requisitos.

### LCD Información Display



1. Terminal positivo fotovoltaico
- Terminal negativo fotovoltaico
2. Terminal positivo batería
- Terminal negativo batería
3. Terminal carga CC positivo
- Terminal carga CC negativo
4. Pantalla LCD

Nº	Pulsación	Función
5	Corta	Siguiente visualización; Incremento mientras está en ajustes
	Larga (≥3 s)	Incremento continuo mientras está en ajustes
6	Corta	Visualización previa; Decremento mientras está en ajustes
	Larga (≥3 s)	Decremento continuo mientras está en ajustes
7	Corta	Interruptor consumos CC; Entrar configuración / guardar
	Larga (≥3 s)	Entrar/salir menú secundario

### Detalles internos



Estabilidad, gran eficiencia, integración



Diseño de circuitería optimizado

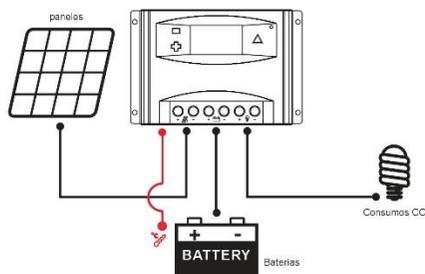


SCM Diseño robusto y fiable



Materiales de gran calidad

### Conexión al sistema solar:



### Funciones:

- pantalla LCD
- 12V/24V Autodetección
- PWM
- Configurable
- Protecciones
- Carga USB

### PC1500B SERIES Controladores



Modelos: PC1500B-10 y 20A



Voltaje trabajo 12-24V Auto-detección  
Corriente carga: 10A y 20A  
Puertos USB: 5V, 1A x 2  
Tamaño LCD: 2.2"



Modelos: PC1500B-30 y 40A



Voltaje trabajo 12-24V Auto-detección  
Corriente carga: 30A y 40A  
Puertos USB: 5V, 1A x 2  
Tamaño LCD: 2.2"



Modelos: PC1500B-50D / 5048D

Voltaje 12-24V Auto-detección y modelo 48V  
Corriente carga: 50A  
Tamaño LCD: 2.8"



Modelos: PC1500B-60D / 6048D

Voltaje 12-24V Auto-detección y modelo 48V  
Corriente carga: 60A  
Tamaño LCD: 2.8"

### Aplicación



Sistemas portátiles, embarcaciones & recreo



Aislada sistema solar casero



Granja solar de generación

	Modelo	PC1500B-10-20	PC1500B-30-40	PC1500B-50-60	PC1500B-6048D				
Entrada	Voltaje FV	≤50V				≤100V			
	Intensidad nominal	10A	20A	30A	40A	50A	60A	50A	60A
	Voltaje sistema	12/24V Auto				48V			
	Desconexión por alto voltaje	16.00V x 1 x 2 / x 3 / x 4 ( 0.5V )							
Salida	Intensidad descarga nominal	10A	20A	30A	40A	50A	60A	50A	60A
	Autoconsumo	≤13mA				≤25mA			
	Caída de tensión circuito carga	≤0.24V				≤0.25V			
	Caída de tensión circuito descarga	≤0.10V				≤0.10V			
	Modo de carga	PWM 4-etapas carga, absorción, flotación, equalización							
	Voltaje Carga Flotación	13.8V (13V~15V) x 1 x 2 / x 3 / x 4							
	Voltaje Carga Absorción	14.4V (13V~15V) x 1 x 2 / x 3 / x 4							
	Voltaje Carga Equalización	14.6V (13V~15.5V) x 1 x 2 / x 3 / x 4							
	Protección Bajo Voltaje	10.7V (10V~14V) x 1 x 2 / x 3 / x 4							
	Reconexión Bajo Voltaje	12.6V (10V~14V) x 1 x 2 / x 3 / x 4							
Características físicas	Salida USB	5V, 1A x2		No tiene					
	Sección cableado	≤6mm <sup>2</sup>	≤16mm <sup>2</sup>	≤16mm <sup>2</sup>	≤16mm <sup>2</sup>				
	Temperatura trabajo	-20°C~55°C							
	Tamaño (L x W x H)	188 x 95 x 48.5mm		196 x 111 x 54mm					
	Peso neto	355g		407g					



**PV3000 MPK Series**  
Inversor solar de Baja Frecuencia

**Características:**

- Potencia de salida entre 1kW y 6kW
- Onda senoidal pura
- Cargador AC de alta potencia
- Regulador MPPT integrado de 40A / 60A según versiones
- Eficiencia máxima del MPPT de 98%
- Transformador interno de bobinado en cobre
- Pantalla de monitorización y configuración de ajustes
- Diseño de gran eficiencia con modo de ahorro de energía
- Comunicaciones mediante puerto RS232
- Compatibilidad con generador y arranque automático AGS
- Cargador integrado de entre 35 hasta 75A según versiones
- Aislamiento galvánico

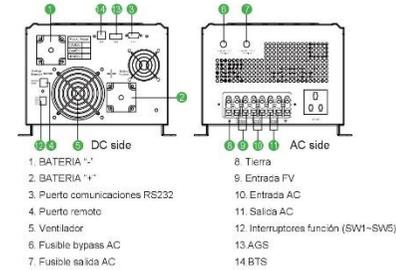
**Introducción:**

Este es un inversor multifunción que combina las tareas de un inversor de baterías junto con un regulador de carga solar de tipo MPPT maximizador y un cargador de baterías integrado para ofrecer un producto todo en uno. Este modelo con bobinado de baja frecuencia crea una senoidal pura a partir de un transformador de cobre, que le da una gran fiabilidad y durabilidad. Podremos visualizar el funcionamiento del inversor a través de la pantalla LCD de su parte frontal.

**Información pantalla display:**

**Panel Frontal**

- ON / OFF: Power saver auto: inversor modo ahorro energía (consumo de unos 25W)  
Unit off: inversor apagado (Si hay corriente AC, funcionará el cargador)  
Power saver off: Inversor modo funcionamiento sin ahorro de energía
- Voltaje FV normal
- Voltaje batería normal
- Cargando
- Carga AC
- AC disponible
- Modo Inversor
- Comprobar inversor
- Corriente carga ajustable: 25%, 50%, 75%, 100%
- Selector tipo de batería
- Pantalla LCD



**Conexión del sistema solar:**



**Especificaciones**

MODELO	PV30-1KW MPK	PV30-1.5KW MPK	PV30-2KW MPK	PV30-3KW MPK	PV30-3KW MPK	PV30-5KW MPK	PV30-6KW MPK	
<b>Voltaje nominal banco de baterías</b>	12VDC	12VDC	12VDC	12VDC	12VDC	24VDC	24VDC/48VDC	
<b>SALIDA INVERSOR</b>	Potencia nominal	1KW	1.5KW	2KW	3KW	5KW	6KW	
	Potencia arranque (20ms)	3KW	4.5KW	6KW	9KW	15KW	18KW	
	Capacidad arranque motores	1HP	1HP	1HP	2HP	3HP	3HP	
	Onda eléctrica	Onda senoidal pura / igual a la entrada (modo bypass)				Onda senoidal pura / igual a la entrada (modo bypass)		
	Salida voltaje nominal RMS	220V/230V/240VAC(+/-10% RMS)				220V/230V/240VAC(+/-10% RMS)		
	Frecuencia salida	50Hz/60Hz +/-0.3 Hz				50Hz/60Hz +/-0.3 Hz		
<b>AC ENTRADA</b>	Eficiencia inverter (Pico)	>88%				>88%		
	Eficiencia conectado AC	>95%				>95%		
	Factor de potencia	0.8				1.0		
	Tiempo transferencia típico	10ms(max)				10ms(max)		
<b>BATERIA</b>	Voltaje	230VAC				230VAC		
	Rango voltaje seleccionable	155-280VAC				155-280VAC		
<b>AC CARGADOR</b>	Rango de frecuencia	50Hz/60Hz (Auto) 40-80Hz				50Hz/60Hz (Auto) 40-80Hz		
	Voltaje mínimo arranque	10.0VDC /10.5VDC				20.0VDC-21.0VDC /40.0VDC-42.0VDC		
	Alarma batería baja	10.5VDC +/-0.3V				21.0VDC +/-0.6V /42.0VDC +/-1.2V		
	Corte bajo voltaje	10.0VDC +/-0.3V				20.0VDC +/-0.6V /40.0VDC +/-1.2V		
	Alarma alto voltaje	16.0VDC +/-0.3V				32.0VDC +/-0.6V /64.0VDC +/-1.2V		
	Recuperación alto voltaje	15.5VDC +/-0.3V				31.0VDC +/-0.6V /62.0VDC +/-1.2V		
<b>BYPASS &amp; PROTECCION</b>	Consumo en reposo	<25W con modo ahorro				<50W con modo ahorro		
	Voltaje salida	Depende tipo batería						
	Fusible entrada AC	10A	30A	30A	30A	40A		
	Protección sobrecarga	15.7VDC						
	Máxima corriente carga	35A	45A	65A	75A	70A	75A	50A
	Onda de entrada	Onda pura (red o generador)				Onda pura (red o generador)		
<b>REGULADOR CARGA</b>	Frecuencia nominal entrada	50-hz o 60Hz				50-hz o 60Hz		
	Protección sobrecarga	Corta-circuitos				Corta-circuitos		
	Protección cortocircuito salida	Corta-circuitos				Corta-circuitos		
	Limite intensidad Bypass	10A	15A	30A	30A	40A		
	Corriente máxima Bypass	30Amp				40Amp		
	Potencia FV máxima	600W				1600W		
<b>CARACT. FISICAS</b>	Corriente FV máxima	40A				60A		
	Selección voltaje DC	12V				24V/48V auto		
	Rango MPPT	16-100VDC				32-145VDC @ 24V / 64-145VDC @ 48V		
	Voltaje máximo MPPT VCC	100VDC				145VDC		
	Eficiencia máxima	>90%				>98%		
	Consumo stand-by regulador	<2W				<2W		
<b>OTROS</b>	Instalación	En pared				En pared		
	Dimensiones (W*H*D)	423*247*1197mm				597*247*1197mm		
	Peso neto (Inversor) kg	18.5	19.5	23.5	28.7	50.4	51.8	49.2
	Dimensiones embalaje (W*H*D)	570*555*300mm				743*372*312mm		
	Peso bruto (Inversor) kg	21.5	22.4	25.8	31.2	54	55.7	53.1
	Rango operativo temperatura	0°C to 40°C				0°C to 40°C		
Temperatura almacenamiento	-15°C to 60°C				-15°C to 60°C			
Nivel sonoro	60dB MAX				60dB MAX			
Pantalla	LED+LCD				LED+LCD			
Volumen(20GPI/40GPI/40HQ)	460uds / 920uds / 1060uds				320uds / 640uds / 750uds			

**Paneles conexión**



## PANEL SOLAR 370W 72 CÉLULAS MONOCRISTALINO

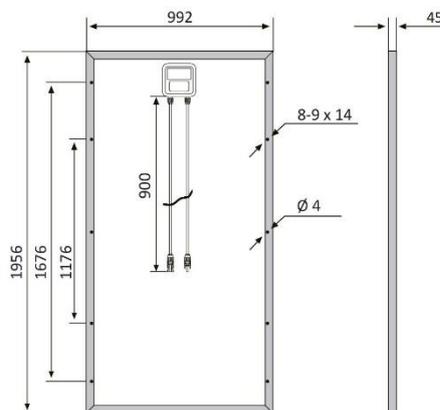
### Características

Tamaño del módulo	1956 x 992 x 45 mm
Células	72 piezas monocristalinas (156 x 156 mm)
Cristal	Bajo contenido en hierro y templado (3,2 mm)
Potencia máxima (Wp)	370W
Cable	90cm, 4mm <sup>2</sup>
Voltaje en circuito abierto (Voc)	48.3V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	9.95A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	40.1V
Intensidad a máxima potencia (Im)	9.23A
Condiciones del test	1000W/m <sup>2</sup> , 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coefficiente temperatura – Isc	+0.02973%
Coefficiente temperatura – Uoc	-0.38038%
Coefficiente temperatura – Pmpp	-0.57402%
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	19%
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	21.5 kg
Garantía del producto	10 años
Garantía de potencia	25 años

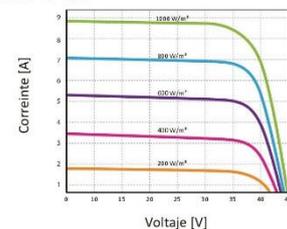
### BSP370M



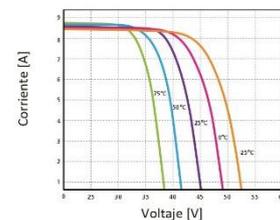
### Esquemas



### Curvas



Características de los módulos a temperaturas constantes de 25°C y niveles variables de irradiación



Características de los módulos a temperaturas variables e irradiación constante de 1.000W/m<sup>2</sup>

**Anexo 03.- Vista fotográfica y ubicación del proyecto**

