



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

V PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“ELECTRIFICACIÓN RURAL Y BOMBEO DE AGUA UTILIZANDO
PANELES SOLARES EN EL CASERÍO SUCCHA DISTRITO DE
BAMBAMARCA PROVINCIA DE HUALGAYOC DEPARTAMENTO
DE CAJAMARCA”**

Autor:

Bach. PERCY GROVER VENTURA CARRILLO

Asesor:

Msc. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA

LAMBAYEQUE – PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

V PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“ELECTRIFICACIÓN RURAL Y BOMBEO DE AGUA UTILIZANDO
PANELES SOLARES EN EL CASERÍO SUCCHA DISTRITO DE
BAMBAMARCA PROVINCIA DE HUALGAYOC DEPARTAMENTO
DE CAJAMARCA”**

Presentado Por:

Bach. PERCY GROVER VENTURA CARRILLO

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: Msc. ING. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA

SECRETARIO: Dr. ING. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO

VOCAL: ING. TEOBALDO JULCA OROZCO

ASESOR: Msc. ING. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA

Lambayeque – Perú

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

V PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

TITULO

“ELECTRIFICACIÓN RURAL Y BOMBEO DE AGUA UTILIZANDO PANELES SOLARES EN EL CASERÍO SUCCHA DISTRITO DE BAMBAMARCA PROVINCIA DE HUALGAYOC DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA”

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES.

AUTOR: Bach. PERCY GROVER VENTURA CARRILLO

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

ASESOR

Lambayeque – Perú

2018

DEDICATORIA

A Dios por permitirme culminar con éxito este examen de suficiencia profesional, por brindarme el entendimiento y la sabiduría.

a mi Padre Antonio por creer en mí, por su sacrificio y esfuerzo para poder culminar la carrera universitaria.

A mi madre Bertha por ser el pilar más importante en mi familia y demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional,

A mis hermanos por estar conmigo siempre, y por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme día a día

AGRADECIMIENTO

A los Docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica por la paciencia entrega y dedicación compartieron los conocimientos a lo largo de mi carrera como estudiante universitario.

*Al **MSc. Carlos Javier Cotrina Saavedra** por impulsarme en la investigación como mi asesor y motivarme constantemente, así como brindarme su apoyo incondicional para la realización de este examen de suficiencia profesional.*

RESUMEN

El motivo principal de este examen de suficiencia fue la electrificación y dimensionamiento de un sistema de bombeo de agua usando paneles solares para suministrar energía eléctrica al caserío Succha ubicado en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, el cual tiene actualmente 16 viviendas y 01 local comunal. Los componentes de la instalación fotovoltaico son de 12 paneles fotovoltaicos de 300 Wp, 01 controladores BlueSolar MPPT 150 I 70 Tr, 01 inversor 48/3300-230V; 8 baterías ROLLS 12 CS 11 PS. Además del diseño de las redes secundarias de distribución. Se dimensiono el sistema de bombeo de agua seleccionado la bomba sumergible PS2-600HR-10 para el cual se usarán 04 paneles Yingli Solar de 260 Wp. El costo referencial de la propuesta asciende a un valor de S/. 148 341,69

Palabras clave: Energía solar, bomba sumergible, irradiancia, Panel fotovoltaico.

ABSTRACT

The main reason for this sufficiency examination was the electrification and sizing of a water pumping system using solar panels to supply electricity to the Succha farm located in the district of Bambamarca, province of Hualgayoc, department of Cajamarca, which currently has 16 dwellings and 01 communal premises. The components of the photovoltaic installation are 12 photovoltaic panels of 300 Wp, 01 BlueSolar MPPT 150 I 70 Tr controllers, 01 inverter 48 / 3300-230V; 8 batteries ROLLS 12 CS 11 PS. In addition to the design of secondary distribution networks. The water pumping system selected was submersible pump PS2-600HR-10 for which 04 Yingli Solar 260 Wp panels will be used. The referential cost of the proposal amounts to S /. 148 341.69

Keywords: Solar energy, submersible pump, irradiance, Photovoltaic panel.

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Realidad Problemática	1
1.2. Formulación del Problema	2
1.3. Delimitación de la Investigación	2
1.4. Justificación e Importancia de la Investigación.....	3
1.5. Limitaciones de la Investigación.....	4
1.6. Objetivos	5
1.6.1. Objetivo General	5
1.6.2. Objetivo Específicos	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de Estudios.....	6
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado	15
2.2.1. Energía solar.....	15
2.2.2. Componentes de los sistemas fotovoltaicos.....	27
2.2.3. Bombeo Solar Fotovoltaico	50
2.2.4. Marco legal.....	71
2.3. Definición conceptual de la terminología empleada.	74
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	78
3.1. Tipo y diseño de investigación	78
3.2. Población y muestra.....	78
3.3. Hipótesis.....	78
3.4. Operacionalización de las variables	79
3.5. Métodos y Técnicas de investigación.....	80
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados.....	82
3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos	83
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	84

4.1. Propuesta de la investigación	84
4.1.1. Electrificar con paneles solares	84
4.1.2. Sistema de bombeo de agua con paneles solares	85
4.1.1. Sistema de bombeo PS2-600 HR-10 LORENTZ	86
CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	89
5.1. Electrificación con paneles solares	89
5.1.1. Calculo de la energía promedio diaria	89
5.1.2. Calculo de la energía eléctrica.....	89
5.1.3. Consumo de energía necesaria diaria (Wh/día).....	89
5.1.4. Evaluación de la Radiación Solar	92
5.1.5. Dimensionamiento del sistema fotovoltaica	96
5.1.6. Generador fotovoltaico	96
5.1.7. Dimensionamiento del banco de baterías	98
5.1.8. Dimensionamiento del Regulador de carga	100
5.1.9. Dimensionamiento del inversor	102
5.1.10. Elementos de protección	105
5.1.11. Dimensionamiento del sistema de distribución en 220 V	108
5.1.12. Cálculos eléctricos	108
5.1.13. Cálculos mecánicos de conductores autoportantes.....	113
5.1.14. Metrado y presupuesto.....	119
5.1.15. Metrado y presupuesto del sistema fotovoltaico	119
5.1.16. Metrado y presupuesto de la red de distribución secundaria	121
5.1.1. Presupuesto para la electrificación con paneles solares	124
5.1. Dimensionamiento del sistema de bombeo de agua utilizando paneles solares	125
5.1.1. Calculo de la energía hidráulica necesaria	125
5.1.2. Carga dinámica total	125
5.1.3. Requerimiento del equipo de bombeo de agua	126
5.1.4. Cálculo del sistema fotovoltaico	128
5.1.5. Presupuesto referencial del sistema fotovoltaico para bombeo de agua	132
5.2. Presupuesto referencial de la propuesta planteada	133
CAPITULO VI: CONCLUSIONES.....	134
6.1. Conclusiones.....	134
BIBLIOGRAFÍA	135
ANEXO N°01. FICHA TÉCNICA DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO	137

ANEXO N°02. FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA	137
ANEXO N°03. FICHA TÉCNICA DEL REGULADOR.....	137
ANEXO N°04. FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR	137
ANEXO N°05. CATALOGO DE CABLES NYY DUPLEX.....	137
ANEXO N°06. EQUIPAMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICO	137
ANEXO N° 07. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN..	137
ANEXO N° 08. METRADO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA	137
ANEXO N° 09. CATALOGO DE LA BOMBA LORENTZ PS- 600 HR-10	137
ANEXO N° 10. PANELES SOLARES YINGLI DE 260 Wp	137
ANEXO N° 11. PANEL FOTOGRAFICO	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Operacionalización de variables	79
Tabla N° 2: Equipamiento de la instalación fotovoltaica para el caserío Succha en el distrito de Bambamarca- Hualgayoc -Cajamarca.....	85
Tabla N° 3: Equipamiento del sistema fotovoltaico para bombeo de agua en el caserío Succha	88
Tabla N° 4: Consumo de energía eléctrica diaria para vivienda y local comunal	89
Tabla N° 5: tasa de crecimiento para el departamento de Cajamarca	91
Tabla N° 6: Consumo de energía promedio diario proyectado del caserío Succha.....	92
Tabla N° 7: Radiación solar en el caserío Succha según la NASA.....	94
Tabla N° 8: Radiación solar en el departamento de Cajamarca con el software NASTEC.....	95
Tabla N° 9: Características eléctricas de los módulos fotovoltaicos.....	96
Tabla N° 10: Datos para el cálculo del banco de baterías	99
Tabla N° 11: Especificaciones del regulador MPPT 150/70.....	101
Tabla N° 12: Caída de tensión por cada tramo de la instalación fotovoltaica	104
Tabla N° 13: Calculo de la sección de los conductores eléctricos en cada tramo	104
Tabla N° 14: Características eléctricas de los conductores NYY	105
Tabla N° 15: Selección de fusibles.....	107
Tabla N° 16: Características eléctricas de los conductores eléctricos seleccionados	109
Tabla N° 17: Caída de tensión para el servicio particular c-I	112
Tabla N° 18: Caída de tensión C-II.....	113
Tabla N° 19: Hipótesis para la ecuación de cambio de estado	114
Tabla N° 20: Características de los cables autoportantes	115
Tabla N° 21: Calculo mecánico del conductor eléctrico.....	118
Tabla N° 22: valor referencial del sistema fotovoltaico	119
Tabla N° 23: valor referencial para el suministro de materiales para el sistema fotovoltaico.....	120
Tabla N° 24: Valor referencial de la red de distribución eléctrica secundaria	121
Tabla N° 25: suministro de materiales para la red de distribución secundaria.....	122
Tabla N° 26: Valor referencial para el montaje de las redes secundarias	123
Tabla N° 27: Presupuesto para el sistema de generación y distribución de energía eléctrica.....	124
Tabla N° 28: Demanda de agua para personas y animales.....	125
Tabla N° 29: Calculo de la sección de los conductores eléctricos en cada tramo	131
Tabla N° 30: Costo referencial de la propuesta.....	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación del Caserío Succha en el distrito de Bambamarca.....	3
Figura N° 2: Espectro electromagnético de la radiación solar	16
Figura N° 3: Esquema de la distribución de la radiación solar.....	18
Figura N° 4: El Sol.....	19
Figura N° 5: Mapa solar del Perú.....	24
Figura N° 6: Componentes de la radiación solar.....	26
Figura N° 7: gráfico de horas sol pico	27
Figura N° 8: Esquema de un sistema fotovoltaico	28
Figura N° 9: composición de una celda solar	29
Figura N° 10: Celda solar policristalina.....	30
Figura N° 11: Fabricación de la célula y del módulo fotovoltaico	32
Figura N° 12: Conexión en serie de módulos fotovoltaicos.....	34
Figura N° 13: Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos	35
Figura N° 14: Conexión serie/paralelo de módulos fotovoltaicos	35
Figura N° 15: Ubicación del regulador de carga.....	36
Figura N° 16: Regulador de carga.....	38
Figura N° 17: Inversor ABB	42
Figura N° 18: Baterías de uso fotovoltaico.....	45
Figura N° 19: Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica	52
Figura N° 20: Componentes de un sistema de bombeo de agua fotovoltaico	57
Figura N° 21: Caudal vs carga dinámica del sistema.....	58
Figura N° 22: Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica	59
Figura N° 23: Componentes de sistema de bombeo de agua fotovoltaico	59
Figura N° 24: Bomba de diafragma	65
Figura N° 25: Bomba helicoidal.....	65
Figura N° 26: Bomba centrífuga sumergible.....	67
Figura N° 27: Bombas centrífugas flotantes	67
Figura N° 28: Bombas centrífugas de superficie.....	68
Figura N° 29: Regulador MPPT 150/70 Victron energy	101
Figura N° 30: Fusibles para aplicaciones fotovoltaicas.....	106
Figura N° 31: Diagrama de carga C-I.....	111
Figura N° 32: Diagrama de carga C-II	112
Figura N° 33: Bomba sumergible PS2- 600 HR-10	127
Figura N° 34: Curva característica de la bomba sumergible propuesta	127

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

La falta de acceso a la electricidad combinada con la escasez de otros servicios de infraestructura, limita el desarrollo económico y obstaculiza las mejoras en los estándares de vida en el Perú. Limita la calidad de la atención médica y la disponibilidad de oportunidades educativas. Los elevados niveles de pobreza en las áreas rurales del Perú y la creciente brecha en la calidad de vida con el rápido desarrollo de las áreas urbanas resaltan la importancia de invertir en infraestructura rural básica, tal como la electricidad, como parte de la agenda de desarrollo nacional. Reconociendo esto, el gobierno peruano ha hecho de la electrificación rural una de sus prioridades principales¹.

En el caserío Succha ubicado en el distrito de Bambamarca provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, se ha observado que aún no cuenta con servicio de energía eléctrica y no cuenta con una red de agua, por lo que los pobladores utilizan el agua de las lluvias y la iluminación es mayormente con mecheros y velas.

caserío Succha ubicado en el distrito de Bambamarca tiene 16 viviendas, una población de 35 habitantes, con un índice de crecimiento poblacional de 1,46 % (los habitantes se dedican a la ganadería).

¹ <http://www.bancomundial.org/es/results/2014/09/24/peru-brings-electricity-to-rural-communities>

Por este motivo se desarrolla este estudio, para ayudar a mejorar la calidad de vida de los pobladores del caserío Succha para que así sea suministrada por una energía limpia no contaminante ni nocivo para el medio ambiente y renovable con una fuente inagotable a escala humana como es el sol, contribuyendo así con el cuidado del medio ambiente y ayudando al desarrollo y progreso de nuestro país.

1.2. Formulación del Problema

¿Tendremos el recurso solar para electrificar las viviendas y suministrar energía eléctrica a un sistema de bombeo de agua utilizando paneles solares en el caserío Succha ubicado en el distrito de Bambamarca provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca?

1.3. Delimitación de la Investigación

Ubicación Política:

Departamento: Cajamarca

Provincia: Hualgayoc

Distrito: Bambamarca

Caserío: Succha

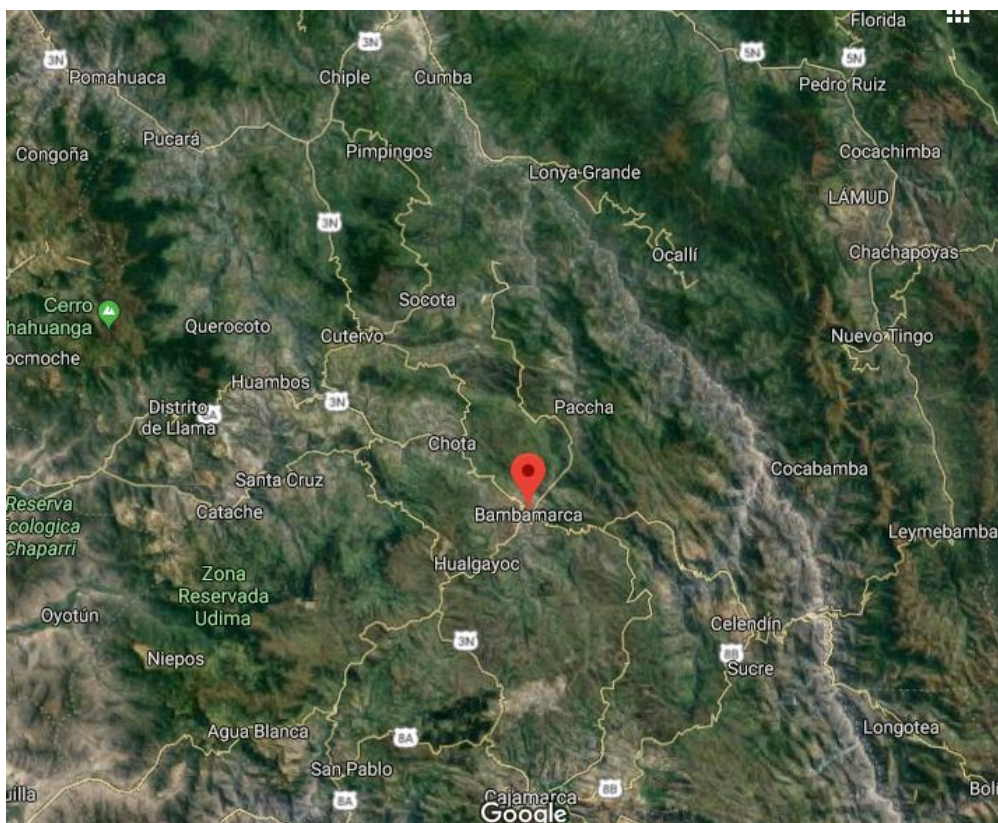


Figura N° 1: Ubicación del Caserío Succha en el distrito de Bambamarca²

1.4. Justificación e Importancia de la Investigación

La integración de un sistema fotovoltaico en caserío Succha ubicado en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca tiene la siguiente justificación:

Ambiente

Con este examen de suficiencia se pretende disminuir daños al medio ambiente originados por las energías convencionales, es una fuente de energía amigable con el medio ambiente.

² Google Maps

Económico

Ya no se tendrá que hacer largos recorridos para hacer una recarga de celular, compra de velas; se dejara de usar los mecheros los cuales además de contaminar producen una deficiente iluminación una deficiente iluminación. lo que significa un ahorro en tiempo y dinero.

Social

El beneficio social seria mejorar la calidad de vida de los pobladores de la localidad ya que podrán contar con energía eléctrica para diferentes usos y además tendrán agua en forma continua y permanente.

Científico

Impulsar con este examen de suficiencia la utilización de la energía solar como fuente para la generación de energía eléctrica.

1.5. Limitaciones de la Investigación

Los obstáculos presentados en el desarrollo de este examen de suficiencia es que no se dispone de datos exactos de análisis de radiación solar diario en la zona misma, sino datos promedios de zonas referenciales, en este caso nos hemos limitado a los datos obtenidos de la NASA, al atlas solar del SENAMHI del 2003 y el software SOLARIUS PLUS, Software NASTEC.

Escaso transporte para llegar al lugar del proyecto, la vía de mayor uso es de trochas (camino de herradura).

Desconocimiento por parte de los pobladores sobre los beneficios de los sistemas fotovoltaico aislados.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

El objetivo es electrificar y bombear agua usando paneles solares en el caserío Succha ubicado en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.

1.6.2. Objetivo Específicos

- a) Determinar la energía promedio diaria requerida para la población actual y proyectada del caserío Succha.
- b) Evaluar la radiación solar promedio del lugar y dimensionar los componentes del sistema fotovoltaico, así como la red de distribución eléctrica.
- c) Dimensionar el sistema de bombeo de agua utilizando paneles solares.
- d) Presupuestar la propuesta.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

Entre los trabajos de investigaciones en el marco de dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas en nuestro país como en los exteriores y que nos permiten identificar, comparaciones de tecnologías e inducir soluciones del problema a estudiar; cito a los siguientes autores, como:

Contexto Internacional

Según **Fabio de Jesús Acevedo Garcés** en su tesis titulado: “Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 3kW” .Se describe brevemente el desarrollo teórico de la tecnología fotovoltaica, desde el descubrimiento del fenómeno fotoeléctrico en el año de 1839, hasta la actualidad. Se explica la composición y el funcionamiento de un sistema solar fotovoltaico, y de cada una de sus partes o elementos. Se detalla la construcción, operación y comportamiento de los módulos solares fotovoltaicos de silicio, se incluyen curvas de las variables que los caracterizan. De igual forma, se definen las baterías de plomo ácido, los reguladores – controladores de carga y los inversores CC/CA para aplicaciones solares de tipo aislado. Se definen las características técnicas de la instalación solar fotovoltaica objeto de este trabajo, su lugar de instalación y su aplicación específica. Se determinan las variables a tener en cuenta en el diseño: cargas a alimentar, demanda máxima, consumo de energía eléctrica diario y mensual y radiación solar. Posteriormente, se presentan los cálculos necesarios para dimensionar el sistema solar fotovoltaico; se calcula la radiación solar sobre los paneles a instalar, se calculan y dimensionan todos los equipos de la

instalación: paneles, regulador, banco de baterías, inversor y calibres de cables y de tuberías. Finalmente, se elaboran los esquemas que completan el diseño de la instalación solar fotovoltaica³.

Job Lizardo Lima Solares en su tesis titulado “**control electrónico de un sistema de bombeo de agua accionado por energía solar**” nos **Dice que:** El suministro de agua mediante medios fotovoltaicos está adquiriendo cada vez más importancia. En algunas localidades es casi imposible disponer de la energía eléctrica comercial. Debido a este problema se recurre al uso de medios alternativos como por ejemplo a energía solar. Cuando se instala un sistema de bombeo fotovoltaico hay que tratar de invertir poco dinero y obtener los resultados deseados; un sistema rentable para satisfacer la demanda de agua. Una forma de optimizar dicha inversión es mediante incluir en el sistema un controlador electrónico para potencia máxima. Con este dispositivo, se obliga a los paneles fotovoltaicos a trabajar en su punto máximo. Con este dispositivo, se obliga a los paneles fotovoltaicos a trabajar en su punto máximo de operación. El presente trabajo pretende formular un diseño para dicho controlador.

El diseño planteado en esta tesis se efectúa partiendo del conocimiento de cómo la energía solar ha cobrado auge en estos tiempos, principalmente los métodos fotovoltaicos, es decir generar electricidad mediante la luz solar. La electricidad generada se utiliza para accionar un motor eléctrico

³ Acevedo Garcés, F. (2016). *Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios*. Bogotá.

de corriente continua que a su vez suministra energía mecánica a una bomba que hace el trabajo de extraer el agua de un pozo. Este es un sistema de bombeo solar en su forma mas simple. Se estudia dicho sistema elemental de bombeo así como los métodos de diseño. Para diseñar el controlador se estudia por separado cada elemento que interviene en el proceso. Al final se escoge la opción de diseño, que es el controlador de potencia DC-DC. Este es un dispositivo que opera a una frecuencia de varios kilohertz y su característica sobresaliente es que realiza la transferencia de energía entre el panel solar y la bomba de una manera eficiente. Los convertidores tienen eficiencias por encima del 90%.

Para efectuar el diseño se hicieron algunas simplificaciones. Esto con el objeto de mostrar que es posible llegar a resultados satisfactorios mediante eliminar algunos parámetros que no son de primordial interés cuando se trabaja con sistemas experimentales.

Se hizo lo posible por presentar los resultados prácticos; principalmente cuando seleccionan los elementos del sistema. Debido a eso los apéndices contienen información real de componentes que se encuentran disponibles en el mercado. (Lima Solares, CONTROL ELECTRONICO DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA ACCIONADO POR ENERGIA SOLAR. 1997)

(CAÑAR Darwin, 2014 pág. 57) en su trabajo de tesis de "Energía solar térmica para la generación de electricidad en Ecuador". Nos dice que el incremento del calentamiento global debido al uso de los combustibles fósiles (plantas convencionales de generación térmica, vehículos, etc.)

contribuyen al deterioro del ambiente y la calidad de vida, a la vez que reducen las reservas energéticas. Frente a lo cual la industria necesita explotar nuevas fuentes de energía que sustituyan a los combustibles fósiles para evitar dicho deterioro, a fin de contribuir al desarrollo sostenible mundial.

Es preciso dar a conocer a la sociedad ecuatoriana las características y beneficios, entre ellos los relacionados a la sostenibilidad energética y ambiental, de la energía solar térmica y las zonas donde se cuenta con un alto potencial de recurso solar para la posible explotación del mismo, a fin de impulsar la implementación de esta alternativa en el campo de la generación de electricidad en el Ecuador.

Frente a esta situación plantea determinar si la energía solar térmica es aplicable en el campo de la generación de electricidad en el Ecuador mediante el análisis del recurso solar, del impacto ambiental y de las características económicas y técnicas tomando en cuenta los criterios de cálculo, dimensionamiento y operación de una central termo solar determinada.

Contexto Nacional

Según **Delfor Flavio Muños Anticon**a en su trabajo de tesis de "Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país". En esta tesis se plantea el uso de la energía solar, como alternativa de solución inmediata a los problemas de electrificación rural en zonas aisladas y de frontera, con población dispersa y baja demanda de energía y que no cuentan con la posibilidad de acceder a los sistemas de electrificación convencionales. La aplicación de esta alternativa se basa en criterios principales tales como el de priorización, análisis de sostenibilidad

y un escenario probable con el cual se desea cumplir las metas propuestas en el Plan Nacional de Electrificación Rural.

Dany Franco Auccacusi Montejo en su tesis “Análisis Técnica y Económico para la selección Óptimo de Bombeo en Muskarumi – Pucyura – Cusco usando Fuentes Renovables de Energía”, nos dice que: Por lo tanto se realizó el análisis técnico y económico para la selección del equipo óptimo de bombeo en Muskarumi - Pucyura – Cusco usando fuentes renovables de energía, para lo cual se determinó que el caudal de agua necesario para 3 hectáreas de cultivo, durante el día más seco del año, es de aproximadamente 3 l/s por lo que se necesitaría bombear un volumen de 282 m³ al día; por otro lado se definió que el tipo de riego más adecuado para la zona es el de aspersión. Entonces eligiendo los aspersores a utilizar se determinó que se necesita en promedio de 3.5 bar de presión, lo cual nos da la referencia de la altura en la cual se debe ubicar el tanque de agua.

Se realizó el análisis económico con el fin de hallar la rentabilidad del proyecto tomando como tasa de interés mínima 11% anual según Agrobanco, por lo que se hallaron los costos fijos y variables de todas las bombas analizadas, así como el costo de producir vegetales en la zona, para luego realizar un análisis financiero mediante las técnicas de evaluación del valor actual neto y tasa interna de retorno determinando qué productos agrícolas harán factible el proyecto. (Auccacusi Montejo 2014)

Contexto Local

Según **Llauce Chozo Anthony Joel** en su tesis titulado “Implementación de sistema fotovoltaico para reducir el consumo de combustibles fósiles en la generación eléctrica en el restaurant el Cruceño, ubicado en el Km 90, carretera a Lambayeque-Piura” Nos dice que el restaurant está en un lugar donde no hay el servicio eléctrico en redes de baja tensión, se optó por la implementación de un sistema fotovoltaico comercial, remplazando la generación eléctrica de un motor diésel. El objetivo del presente trabajo de investigación es evaluar técnica y económicamente la implementación de un sistema fotovoltaico (SFV) autónomo en la generación de energía eléctrica, y así proponer que estos sistemas sean implementados a comunidades de nuestra región que aún no cuentan con el suministro eléctrico, además de contribuir a la reducción de emisiones de CO₂, así mismo capacitar a la población sobre la gran importancia que tiene la energía solar y sus diferentes aplicaciones. Por otra parte este tipo de tecnología presenta numerosas ventajas: instalación simple, emplea una fuente de energía limpia y gratuita, su operación es automática y silenciosa, requiere poco mantenimiento y es amigable con el ambiente.

Para el desarrollo del proyecto se realizó el estudio de la máxima demanda de energía eléctrica en el restaurant “El Cruceño” propiedad del Sr. Orlando Santamaría Baldera y así aplicarla al diseño. Se tuvo en cuenta la radiación solar existe en la región de Piura usando datos estadísticos de NASTEC y de esta manera poder seleccionar los componentes a utilizar. La orientación del panel fotovoltaico tendrá la inclinación adecuada para captar la mayor radiación posible y nuestro sistema sea lo más eficiente posible. La potencia requerida para el sistema es de 870 Wp, que se obtuvo

según cálculos realizados, y cada panel tendrá una potencia de 145 Wp para que su funcionamiento sea con total eficiencia.

Al realizar el presente trabajo se logró determinar que el sistema fotovoltaico autónomo a implementar si es económicamente rentable, satisfaciendo la demanda eléctrica considerada en el proyecto, el cual me permitirá reducir el consumo de combustible diésel en 912 galones/año. Se recomienda difundir y apoyar la investigación sobre este tipo de tecnología y así desarrollar proyectos en beneficio de comunidades que aún no tienen el servicio de electricidad en sus domicilios.

Jorge Máximo Moran Santamaría; en su tesis de Ingeniería titulado “Análisis y Evaluación para la Viabilidad Técnico Económico en el uso de la Energía Solar Fotovoltaica para el Centro Poblado Cruz de Pañalá – Distrito de Mórrope”; hace un estudio de electrificación con energía solar para el centro poblado Cruz de Pañalá, el cual carece de energía eléctrica de manera geográfica por tener limitaciones al acceso de redes eléctricas por su distancia, altos costos de transporte y recursos energéticos limitados, lo que hace tener un costo elevado en la generación de energía; el cual lo llevo a la evaluación de otros recursos de energía renovable y su rentabilidad.

En este estudio el autor concluye que en el centro poblado Cruz de Pañalá distrito de Mórrope, si es rentable implementar un Sistema Fotovoltaico para uso doméstico y productivo (en uso productivo se hizo el diseño de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua) frente a otras alternativas de generación eléctrica como la convencional, por ser una zona aislada. Y de acuerdo a la evaluación económica, la inversión a realizar en beneficio de las 40 familias suministrando energía con sistemas fotovoltaicos es de S/.

393,154.87 y con la electrificación convencional es de S/. 1 584,052.88 la cual es muy superior⁴

León Huacal Franklin Isai y Berrios Silva Oscar Jleanpierre en su tesis “Sistema de Riego Controlado con Feed-Forward Utilizando Energía Solar en la Localidad de la Trocha – Jayanca”, nos dice que: En la actualidad el problema en el planeta es el impacto ambiental ya que está trayendo como consecuencias cambios climáticos, muchas catástrofes, mal uso del petróleo, agua entre otros, cada día se va agotando y es necesario ver nuevas formas de cuidar el ambiente, de producir energía y de ahorrar agua, para este problema se emplea la energía fotovoltaica y el ahorro de agua a través de sistemas de riego tecnificado.

Este trabajo se realiza en el Sector la trocha, Valle de Motupe, distrito de Jayanca, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque, donde se harán los estudios de dicha tesis por los cuales será posible realizar la captación de la energía fotovoltaica a través de las celdas solares, para luego ser almacenada en baterías donde suministrará a todo el sistema, extracción, distribución, y control del agua.

La extracción del agua del subsuelo se realiza con una bomba sumergible, el agua es llevada a un estanque de almacenamiento para luego ser

⁴ Moran Santamaria, Jorge Maximo. «Análisis y Evaluación para la Viabilidad Técnico Económico en el uso de la Energía Solar Fotovoltaica para el Centro Poblado Cruz de Pañalá – Distrito de Mórrope.» Lambayeque, 2013.

distribuida en el riego por goteo, donde todo el sistema será controlado a través de un PLC. (León Huacal y Berrios Silva 2017)

Díaz Castañeda Bruno Gilberto en su tesis “Proyecto de Inversión Social para el Abastecimiento de Agua Potable para el Caserío de Huaca Bandera – Distrito de Pacora – Provincia de Lambayeque usando un sistema de Bombeo Solar”, nos dice que: Dentro del departamento de Lambayeque, existe un problema de abastecimiento de agua; que en el 2007, las viviendas particulares en las provincias que más se abastecen de agua a través de red pública dentro de su vivienda (agua potable) fueron las provincias de: Chiclayo (68,4%) y Ferreñafe (44,7%), mientras que Lambayeque es la que menos se abastece por este medio (39,8%), teniéndose como porcentaje de personas que no cuenta con agua por red pública del 36,2%. (INEI, 2007)

En el distrito de Pacora, provincia de Lambayeque, la cantidad de habitantes que viven en un área rural es de 3196 personas, esto representa el 47% del distrito; este porcentaje de habitantes forman parte de las personas que no cuentan con agua por red pública respectivamente según el INEI, en Lambayeque. Dentro del distrito de Pacora - Lambayeque, se encuentra un caserío llamado Huaca Bandera, conformado por 50 viviendas, que viven en zona rural, donde no cuentan con agua potable conectada a la red, así que se tienen que suministrar de un pozo que se encuentra en la parte céntrica; el pozo tiene entre 60 y 80 metros de profundidad, estas personas hacen uso de una motobomba para así poder extraer el agua necesaria y mínima para hacer sus actividades como cocinar, lavar, asearse, etc.

El problema es que debido a la profundidad del pozo, se necesita una mayor potencia para extraer el agua que se necesita; por lo que se tiene que suministrar más cantidad de combustible para que la motobomba pueda trabajar correctamente; pero los habitantes del caserío de Huaca Bandera cuentan con escasos recursos económicos, que no les permite estar adquiriendo el combustible diariamente. El caserío de Huaca Bandera se encuentra a 11 km al oeste de la ciudad de Pacora, dicho camino que conecta ambas partes es rocoso y los habitantes se trasladan en mototaxis o burros hasta la ciudad. El trayecto entre el caserío y la ciudad de Pacora es de aproximadamente 45 minutos en mototaxi. Por lo tanto, si no activan la motobomba, los habitantes se trasladan hacia la ciudad para recolectar agua en bidones. (Díaz Castañeda 2016)

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado

2.2.1. Energía solar

El sol genera energía mediante reacciones nucleares de fusión que se producen en su núcleo. Esta energía recibe el nombre de radiación solar, se transmite en forma de radiación electromagnética y alcanza la atmosfera terrestre en un conjunto de radiaciones o espectro electromagnético con longitudes de onda que van desde los 0,15 μm a 4 μm aproximadamente.

La parte del espectro que va de 0,40 μm a 0,78 μm (ver Figura N° 2) forma el espectro visible que denominamos comúnmente luz, el resto del espectro que no es visible que lo forman las radiaciones con longitud de

onda menores a $0,4 \mu\text{m}$ denominadas radiaciones ultravioletas (UV) y con longitudes de onda mayores a $0,78 \mu\text{m}$ denominadas radiaciones infrarrojas (IR).

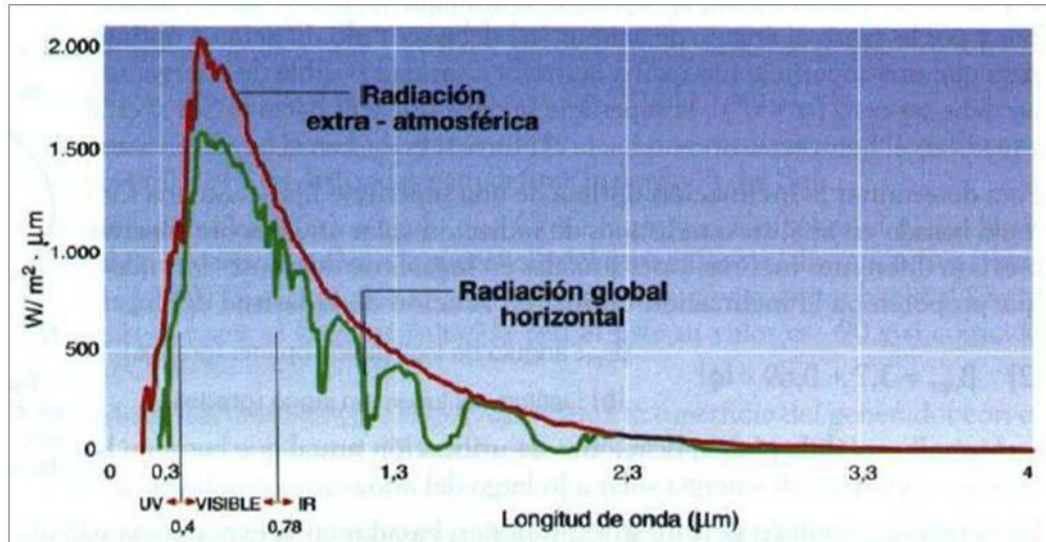


Figura N° 2: Espectro electromagnético de la radiación solar⁵

Podemos transformar la energía solar en energía térmica o eléctrica. La energía solar es aprovechada para elevar la temperatura de un fluido, como por ejemplo el agua, y en el segundo caso la energía luminosa del sol transportada por sus fotones de luz, incide sobre la superficie de un material semiconductor (ej: el silicio), produciendo el movimiento de ciertos electrones que componen la estructura atómica del material. Un movimiento de electrones produce una corriente eléctrica que se puede utilizar como fuente de energía de componentes eléctricos o bien electrónicos⁶.

Con respecto a la energía solar, la radiación solar absorbida por la atmósfera terrestre no es aprovechada al 100%. Según el Instituto Geofísico del Perú, en términos generales, el 24% de la radiación llega directamente, el 21% de

⁵ Agustín Castejón, German Santamaría. *instalaciones solares fotovoltaicas*. España, s.f.

⁶ (Canales Ciudad 2012)

la radiación no llega directamente. Mientras que el 29% se pierde en el espacio.

Sin la presencia del sol no existiría vida en la tierra. El planeta sería demasiado frío, no crecerían las plantas ni habría vida alguna, exceptuando por algunas bacterias. Todos nuestros recursos energéticos provienen indirectamente del sol. Los combustibles fósiles son plantas y árboles muy antiguos, que crecieron gracias a la luz solar y han sido comprimidos durante millones de años. La energía eólica e hidráulica es generada mediante procesos conducidos por el sol. La madera para combustible es obtenida de los árboles, los cuales no podrían crecer sin luz solar.

Al margen de estas consideraciones, lo que se entiende por energía solar hoy en día, es la energía obtenida al recoger la radiación solar que llega a la superficie terrestre a través de captadores y almacenarla para su uso posterior. En este sentido, se han desarrollado dos grandes tecnologías energéticas: la energía solar térmica, basada en la concentración de los rayos de sol para obtener altas temperaturas y la energía solar fotovoltaica, basada en la obtención de electricidad a través de un efecto a escala atómica conocido como efecto fotoeléctrico. En un día soleado, **el Sol irradia alrededor de 1 kW/m²** sobre la superficie de la Tierra. Los paneles fotovoltaicos actuales tienen una eficiencia promedio del 14%, de modo que se obtendrían aproximadamente 140 W/m². (ver Figura N° 3). Sin embargo, no todos los días son soleados, por lo que el aprovechamiento efectivo es menor. A latitudes medias y septentrionales, tomando en cuenta el ciclo diurno y las condiciones atmosféricas, en promedio, llegan a la superficie terrestre 100 W/m² en invierno y 250 W/m² en verano.

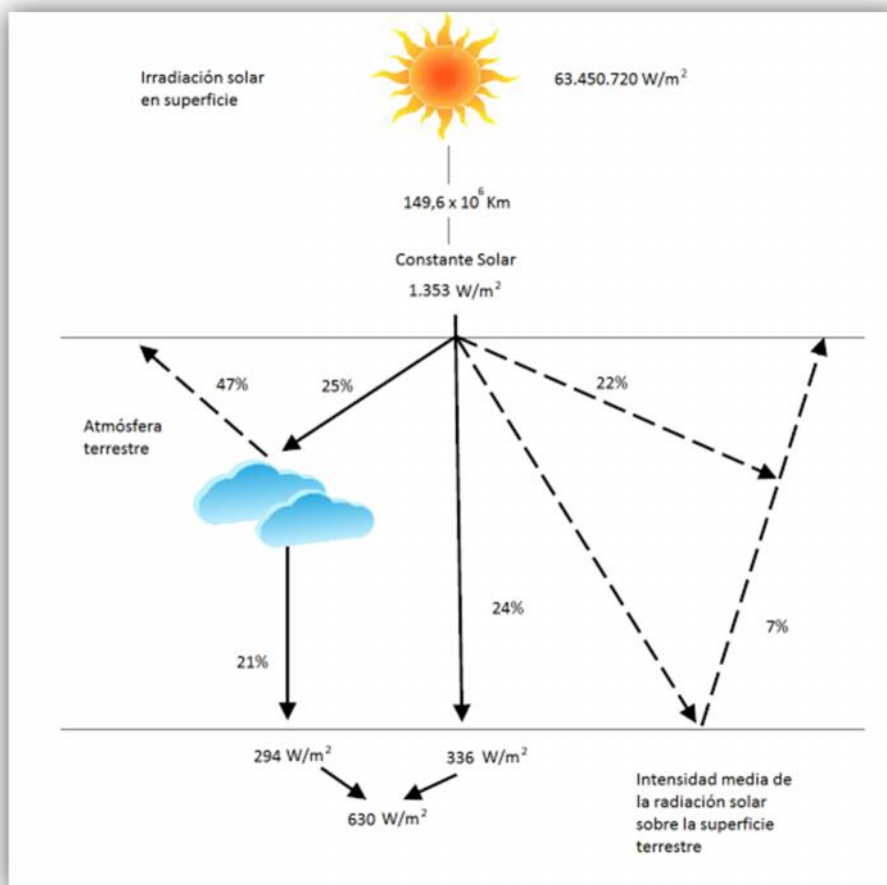


Figura N° 3: Esquema de la distribución de la radiación solar⁷

2.2.1.1. Energía Solar

La energía solar es la fuente principal de vida en el planeta: dirige los ciclos biofísicos, geofísicos y químicos que mantienen la vida en la Tierra, los ciclos del oxígeno, del agua, del carbono y del clima. El sol (como se muestra en la Figura 2), nos suministra alimentos mediante la fotosíntesis y como es la energía del sol la que induce el movimiento del viento, del agua y el crecimiento de las plantas, la energía solar es

⁷ Valdiviezo Salas, Paulo Daniel. «Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP.» Lima, 2014

el origen de la mayoría de las fuentes de energía renovables (la energía mareomotriz⁸, energía de la biomasa⁹, la energía hidroeléctrica, la energía eólica¹⁰ y de la energía solar). La energía solar absorbida por la Tierra en un año es equivalente a 20 veces la energía almacenada en todas las reservas de combustibles fósiles en el mundo y 10 mil veces superior al consumo actual. (Arenas Sanchez y Zapata Castaño 2011)

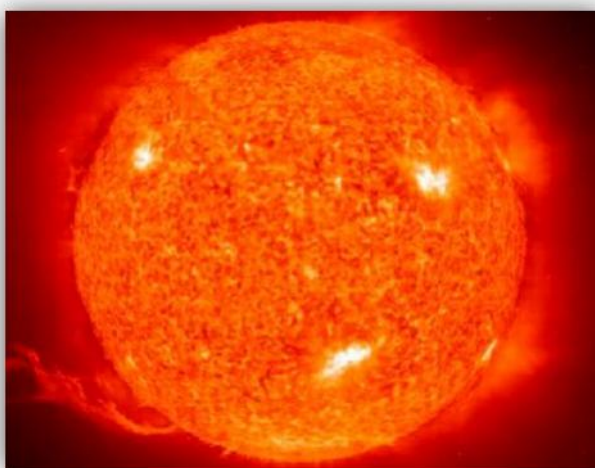


Figura N° 4: El Sol¹¹

La radiación solar está formada por una mezcla de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias. Algunas de ellas (aquellas cuyas <<longitud de onda>> está comprendida entre 0.4 μm y 0.7 μm) pueden ser detectadas por el ojo humano, constituyendo lo que conocemos como luz visible. Otras, aunque no son visibles, hacen notar igualmente sus efectos, al ceder a los cuerpos la energía que transportan.

⁸ Energía mareomotriz, la energía de las mareas puede emplearse para producir electricidad

⁹ Energía de la biomasa, es la generada a partir del tratamiento de la materia orgánica.

¹⁰ Energía eólica, es la energía eléctrica producida a través del movimiento viento.

¹¹ LIBRO INTERACTIVO SOBRE ENERGÍA SOLAR Y SUS APLICACIONES

La realidad es que casi todas las formas de energía que conocemos proceden directa o indirectamente de la energía solar.

Así, la energía del viento (energía eólica), causada por la diferencia de presión que –motivada a su vez por la diferencia de temperatura de las masas de aire- tiene su origen en la absorción de la energía solar y la conversión de ésta en energía térmica a medida que los rayos solares van atravesando las capas de aire.

La energía potencial, tanto de los combustibles fósiles como la madera o de los residuos vegetales, proviene de la energía transmitida por el Sol cuando se originaron y crecieron las formas vegetales primitivas. (Colectivo 2009)

La conversión de la energía solar a energía térmica (solar fototérmica) y energía eléctrica (solar fotovoltaica) se realiza utilizando recubrimientos ópticos y opto-electrónicos. La eficiencia de conversión de los dispositivos que facilitan esta conversión va de 0.1-60%. Aquí no olvidemos que la fuente es siempre gratis – ¡es una riqueza inagotable! (Centro de Investigación en Energía 2010)

2.2.1.2. Energía Solar en el Perú¹²

La energía solar es una de las opciones que se están desarrollando como alternativas a las energías provenientes de la quema de combustibles fósiles. A diferencia de los países nórdicos, el territorio peruano, por

¹² <http://gruporural.pucp.edu.pe/nota/el-desarrollo-de-la-energia-solar-en-el-peru/>

estar mucho más próximo al Ecuador, cuenta con sol durante la mayor parte del año. Según el Atlas Solar del Perú elaborado por el Ministerio de Energía y Minas, el Perú tiene una elevada radiación solar anual siendo en la sierra de aproximadamente 5,5 a 6,5 kWh/m²; 5,0 a 6,0 kWh/m² en la Costa y en la Selva de aproximadamente 4,5 a 5,0 kWh/m² (ver figura 5).

En el Perú hay tres ámbitos donde se ha desarrollado el uso de energía solar en el Perú. El primer ámbito (y más tradicional) es el uso como fuente térmica a través de termas de agua en zonas del sur peruano, principalmente Arequipa y Puno, departamentos en los que existe cerca de 30 empresas dedicadas a la fabricación y mantenimiento de estos aparatos. No obstante, aún es amplio el camino a recorrer para masificar el uso de paneles solares tanto para áreas urbanas como rurales destinados al uso térmico el cual implicaría menor consumo de la red eléctrica en los hogares (una terma eléctrica es uno de los principales consumidores de energía eléctrica en un hogar). Asimismo, su uso no se limitaría a lo domestico sino también podría incluirse en usos productivos como secadores de granos para la agricultura (en la zona sur la producción de granos andinos como kiwicha, quinua, kañihua es alta) así como para como la potabilización de agua en aquellas zonas que lo requieran.

Otro ámbito donde existen avances es en la provisión de electricidad a las zonas rurales. Según datos del 2011, el 16% población peruana no tiene electricidad en sus casas, cifra que se eleva a 22% en las zonas rurales. Según la Dirección General de Electrificación Rural aún existen cerca de 500 000 hogares ubicados en zonas rurales que quedarían sin ser atendidos por los programas públicos de electrificación. El Plan de

Electrificación Nacional de Electrificación Rural cerca de 345 823 hogares deberán ser cubiertos con módulos fotovoltaicos en espacios rurales.

Entre los proyectos existentes está el financiado por el Banco Mundial, el Global Environment Facility – GEF y el MEM que ya ha subvencionado la provisión de electricidad a 2 216 hogares que con sistemas fotovoltaicos pilotos. Asimismo, dentro de este esquema existiría en cartera otro subproyecto para llegar a 7 000 hogares más. Otro programa es Euro Solar, que provee 130 pequeñas centrales de energía híbrida (eólico-solar) destinadas a abastecer de energía a postas, colegios y locales comunales rurales. Asimismo, el programa Luz para Todos del Gobierno Central contempla que cerca de 11 640 nuevas localidades con servicio eléctrico serán atendidas con fuentes renovables siendo una buena parte de ellas a través de sistemas fotovoltaicos. Entre las opciones para la electrificación rural están los sistemas fotovoltaico domiciliario (SFD). La empresa estatal ADINELSA, encargada de la promoción de la electrificación rural en áreas no concesionadas, ya posee más 1500 SFDs operativos en el sur del país.

El tercer ámbito de desarrollo, y el más promisorio, es el que ha surgido con la concesión de las 4 centrales solares que se enlazarán al Sistema Eléctrico Nacional (SEIN) luego de la primera subasta de suministro de electricidad de Recursos Energéticos Renovables (RER) llevada a cabo por el Ministerio de Energía y Minas. Las compañías españolas T-Solar Global y Solarpack Corporación Tecnológica son las que construirán estas cuatro centrales fotovoltaicas, con una potencia conjunta de 80 megavatios (mw). Estas empresas han firmado contratos con el Gobierno Peruano que les permite asegurar la venta de electricidad producida de fuentes solares

durante un lapso de 20 años. Según Juan Laso, Director General de T Solar, esta adjudicación le permitirá “incrementar la cartera de proyectos en fase de desarrollo de T-Solar, que suman una potencia superior a los 650 MW”.

Como vemos, el sector de la energía solar va desde pequeñas instalaciones familiares hasta grandes proyectos de centrales solares. Es interesante que los avances, en este último caso, generen el desarrollo tecnológico y la difusión de esta fuente de energía renovable en el país. Una característica primordial de la energía solar es su capacidad para adecuarse a proyectos de mediana y pequeña envergadura para usuarios individuales. Por ejemplo, en ámbitos urbanos se pueden desarrollar instalaciones fotovoltaicas que se integren a grandes superficies expuestas como estacionamientos, edificios, marquesinas. De hecho, la T –Solar ya desarrolla proyectos de este tipo en España. Este tipo de innovaciones permite acercar la producción de electricidad al punto de consumo evitando pérdidas durante el transporte y además de reemplazar el consumo de energía eléctrica de la red nacional y ahorrar costos a quienes la implementan.

No cabe duda de que las opciones de uso de la energía solar son grandes. Lamentablemente, aún existe desconocimiento de aquellos sectores que pueden aprovecharlo más intensamente. Desarrollar este subsector energético sería crucial ya que es una de las mejores opciones para cambiar la actual matriz energética mundial intensiva en gases de efecto invernadero.



Figura N° 5: Mapa solar del Perú¹³

¹³ (SENAMHI 2003)

2.2.1.3. Componentes de la radiación solar

La radiación solar que llega a la superficie terrestre consta de tres componentes, los cuales son: La Radiación Directa, la Radiación Difusa y la Radiación Reflejada:

La radiación solar directa. es aquella que llega al cuerpo desde la dirección del Sol

La radiación difusa es aquella recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma. Esta energía puede suponer aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados, pero en los días nublados, en los cuales la radiación directa es muy baja, la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor. Por otra parte, las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que "ven" toda la semiesfera celeste, mientras que las superficies verticales reciben menos porque solo "ven" la mitad de la semiesfera celeste.

La radiación reflejada es, como su propio nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Por otra parte, las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no "ven" superficie terrestre, mientras que las superficies verticales son las que más reciben.

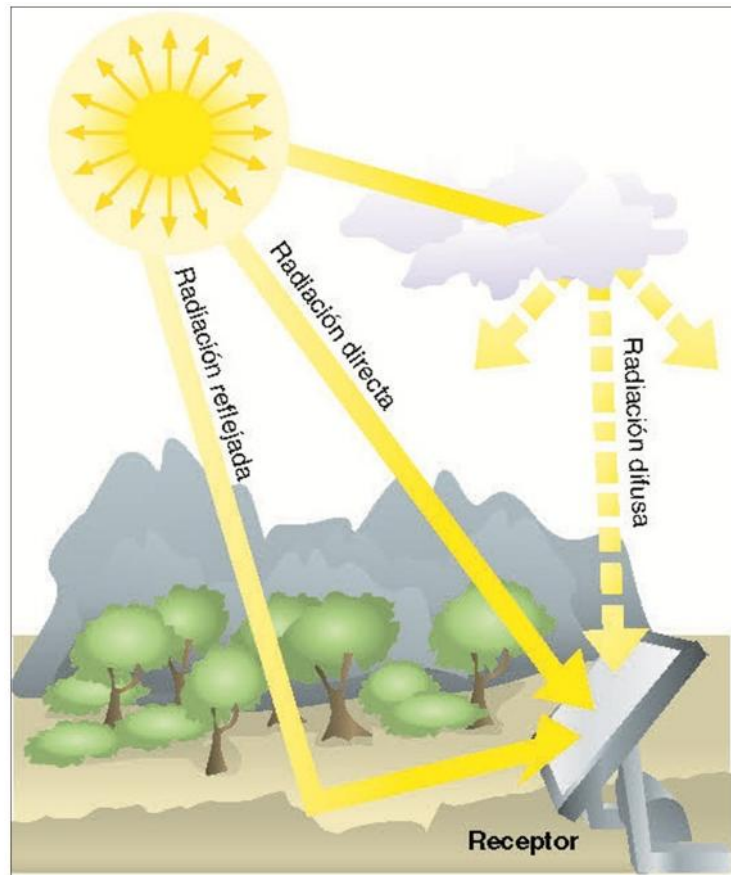


Figura N° 6: Componentes de la radiación solar¹⁴

La radiación directa es la mayor y la más importante en el diseño de un sistema fotovoltaico. (ver Figura N° 6).

2.2.1.4. Horas de sol pico (H.S.P.)

La insolación también se expresa en términos de horas solares pico. Una hora horas de energía es equivalente a la energía recibida durante una hora, a una irradiancia promedio de $1\,000\text{ W/m}^2$. La energía útil que

¹⁴ <http://calculationsolar.com/blog/wp-content/uploads/2013/04/figura14.jpg>

entrega el panel(es) fotovoltaico(s) es directamente proporcional a la insolación incidente. En la Figura N° 7 se muestra la insolación correspondiente a un día, la cual es representada por el área amarilla de la figura. La insolación es un parámetro muy importante en el diseño de sistemas solares. Los factores climáticos y el ángulo de posicionamiento del panel con respecto al sol afectan en demasía la insolación sobre la superficie de captación. (Pérez Garrido 2009)

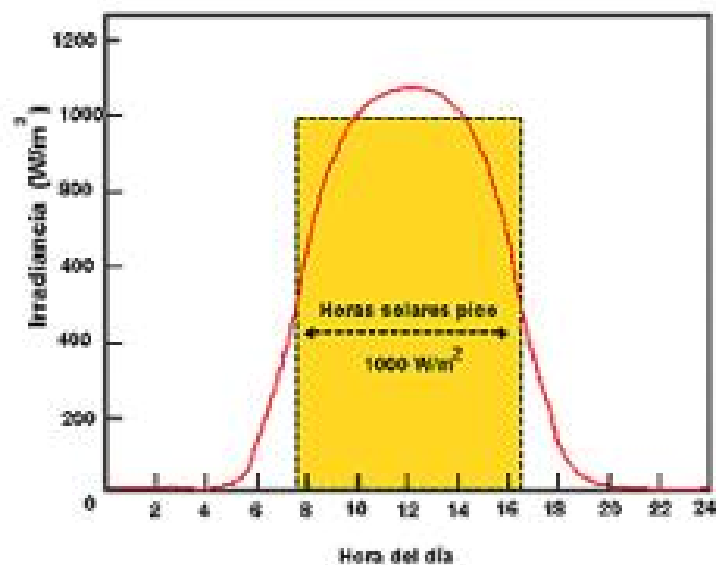


Figura N° 7: gráfico de horas sol pico¹⁵

2.2.2. Componentes de los sistemas fotovoltaicos

Para que el sistema fotovoltaico funcione correctamente y tenga una elevada fiabilidad de suministro y durabilidad, debe estar conformado por:

Subsistema de captación: transforma la radiación solar en electricidad.

Subsistema de almacenamiento: almacena la energía.

¹⁵ (Pérez Garrido 2009) – pág. 62

Subsistema de regulación: regula la entrada de energía procedente del campo de captación (ver figura 8).

Subsistema de adaptación de corriente: adecua las características de la energía a las demandas por aplicaciones. (Muñoz Anticona 2005, 37)

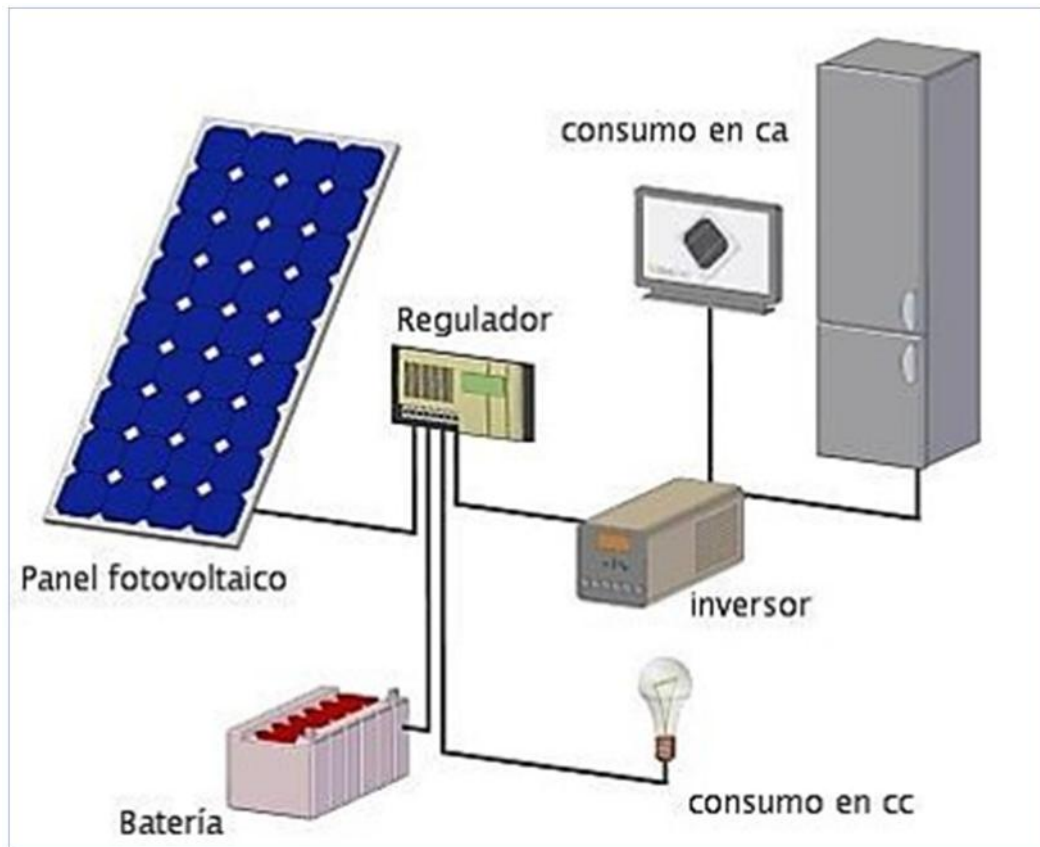


Figura N° 8: Esquema de un sistema fotovoltaico¹⁶

2.2.2.1. Subsistema de captación:

Las celdas solares son fabricadas a base de materiales que convierten directamente la luz solar en electricidad. Hoy en día, la mayor parte de celdas solares utilizadas a nivel comercial son de silicio (símbolo químico: Si). El silicio es lo que se conoce como un semiconductor. Este

¹⁶<http://www.greenenergy-latinoamerica.com/componentes-sistema-fotovoltaico/>

elemento químico se encuentra en todo el mundo bajo la forma de arena, que es dióxido de silicio (SiO_2), también llamado cuarcita. Otra aplicación del silicio semiconductor se encuentra en la industria de la microelectrónica, donde es empleado como material base para los *chips*.

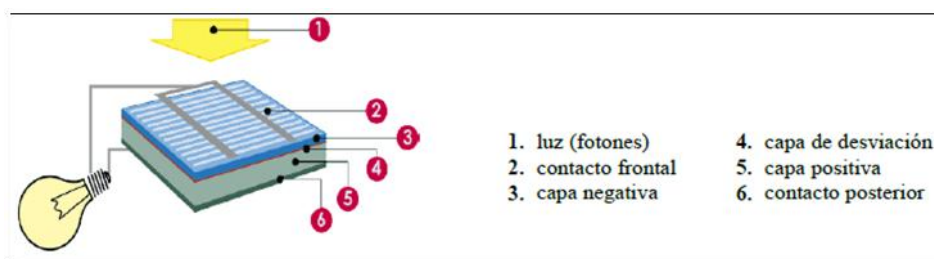


Figura N° 9: composición de una celda solar¹⁷

a) Estructura de las celdas solares

Las celdas solares de silicio pueden ser de tipo monocristalinas, policristalinas o amorfas. La diferencia entre ellas radica en la forma como los átomos de silicio están dispuestos, es decir, en la estructura cristalina. Existe, además, una diferencia en la eficiencia. Por eficiencia se entiende el porcentaje de luz solar que es transformado en electricidad. Las celdas solares de silicio monocristalino y policristalino tienen casi el mismo y más alto nivel de eficiencia con respecto a las de silicio amorfo.

Una celda solar típica está compuesta de capas. Primero hay una capa de contacto posterior y, luego, dos capas de silicio. En la parte superior se encuentran los contactos de metal frontales con una capa de antireflexión, que da a la celda solar su típico color azul.

¹⁷ (Henriquez Prevoo 2003)

Durante la última década, se ha estado desarrollando nuevos tipos de celdas solares de materiales diversos, entre las que encontramos, por ejemplo, a las celdas de película delgada y a las celdas de CIS (diseleniuro de indio de cobre) y CdTe estas están comenzando a ser comercializadas.

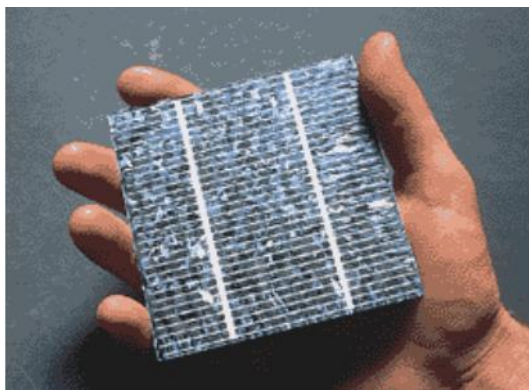


Figura N° 10: Celda solar policristalina¹⁸

b) Los paneles solares

Los paneles solares están compuestos por celdas solares. Dado que una sola celda solar no produce energía suficiente para la mayor parte de aplicaciones, se les agrupa en paneles solares, de modo que, en conjunto, generan una mayor cantidad de electricidad.

Los paneles solares (también denominados módulos fotovoltaicos o FV) son fabricados en diversas formas y tamaños. Los más comunes son los de 50 Wp (*watt* pico), que producen un máximo de 50 *watts* de electricidad solar bajo condiciones de luz solar plena (un nivel de radiación aproximadamente de 1 kWh/m²), y que están compuestos por celdas solares de silicio. Dichos paneles miden 0,5 m² aproximadamente. Sin embargo, se puede escoger entre una amplia

¹⁸ (Henriquez Prevoo 2003)

variedad de paneles más grandes y más pequeños disponibles en el mercado. Los paneles solares pueden conectarse con el fin de generar una mayor cantidad de electricidad solar (dos paneles de 50 Wp conectados equivalen a un panel de 100 Wp).

c) Sistema de captación

Está constituido por paneles solares fotovoltaicos que producen energía eléctrica debido a que captan la radiación luminosa procedente del sol a través de las celdas de silicio y la transforman en corriente continua a baja tensión (12 V ó 24 V). Este proceso funciona también cuando hay nubes livianas, pero con menos rendimiento.

Un módulo fotovoltaico es la conexión de varias células en paralelo y/o en serie, se conectan en serie para aumentar la corriente y en paralelo para incrementar el voltaje.

Para ensamblar un panel fotovoltaico, se cuentan con plantas que deben estar certificadas con altos estándares de calidad sobre todo en soldadura. Se utilizan principalmente, metales (buenos conductores) y vidrios.

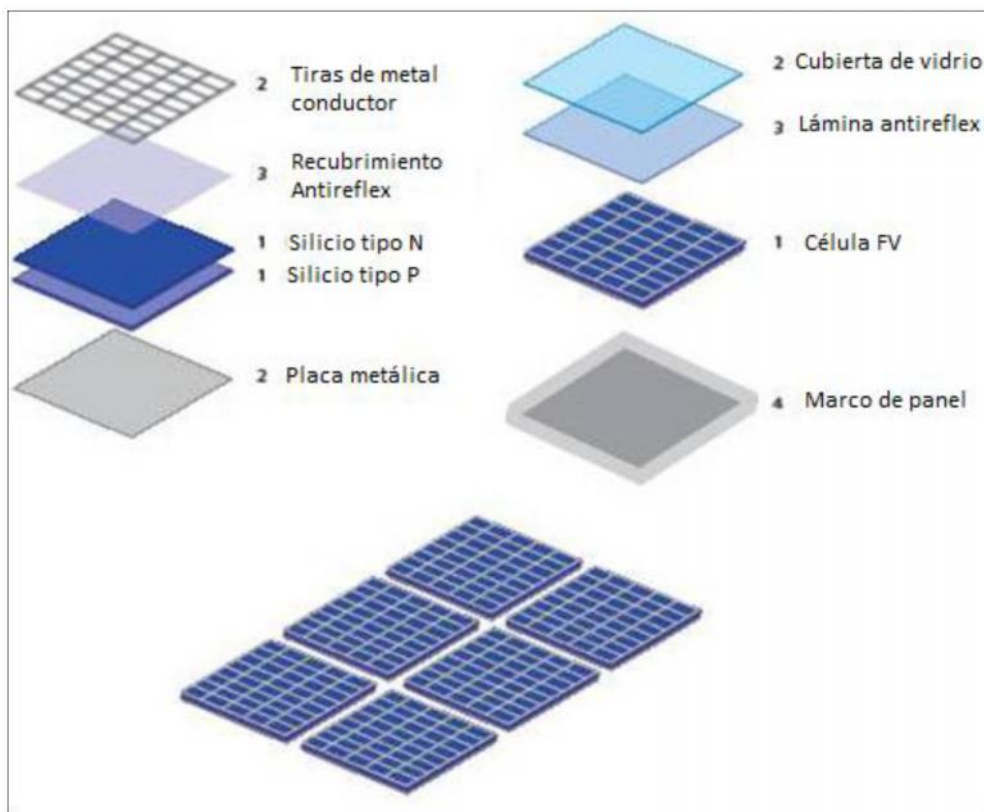


Figura N° 11: Fabricación de la célula y del módulo fotovoltaico¹⁹

Los tipos de paneles solares vienen dados por la tecnología de fabricación de las células, y son fundamentalmente:

- i. Silicio cristalino (monocristalino y multicristalino).
- ii. Silicio amorfo.

¹⁹ Valdiviezo Salas, Paulo Daniel. «Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP.» Lima, 2014

Conexiones de módulos fotovoltaicos

La intensidad y la tensión de un módulo fotovoltaico no siempre satisfacen los recursos de tensión e intensidad de un sistema. Es necesario agrupar varios módulos para conseguir valores adecuados, teniendo en cuenta que conectando módulos en serie aumenta la tensión del sistema y conectando módulos en paralelo se aumenta la intensidad de corriente del sistema más características de tensión y de corriente no siempre satisfacen²⁰.

A. Conexión de módulos Serie

Al conectar los paneles en serie, lo que estamos haciendo es conectar un polo positivo de un módulo con el polo negativo del siguiente módulo. Con ello se consigue aumentar la tensión y mantener el mismo valor de corriente generada (Figura N° 12).

La tensión generada es igual a la suma de todas las tensiones por cada módulo fotovoltaico, o lo que es lo mismo al producto de la tensión de un módulo por el número de módulos fotovoltaicos (ya que se supone que tienen las mismas características).

²⁰ (Castejon 1998)

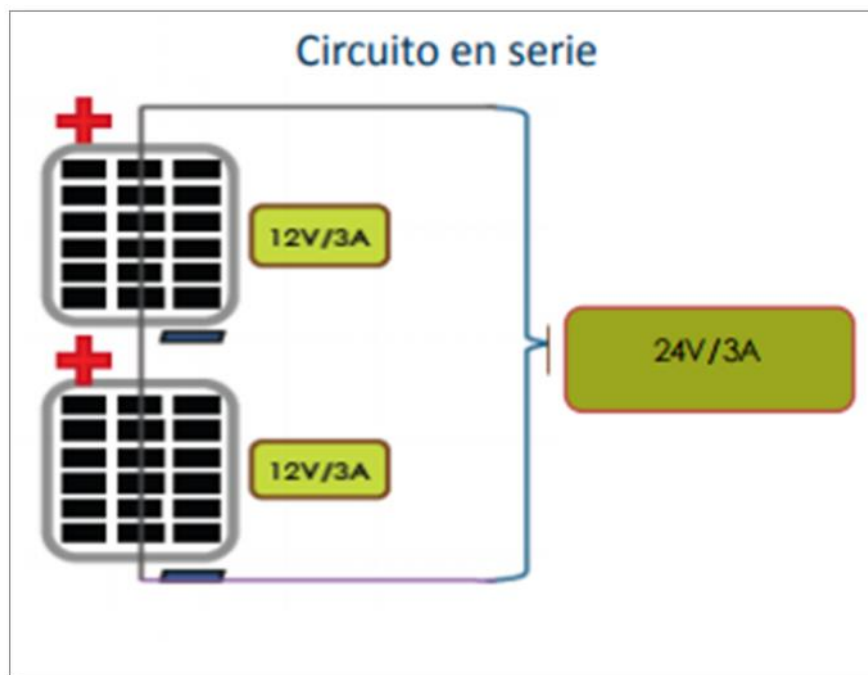


Figura N° 12: Conexión en serie de módulos fotovoltaicos²¹

B. Conexión de módulos en paralelo

Cuando conectamos los paneles en paralelo, lo que estamos haciendo es conectar todos los polos positivos y por separado todos los polos negativos. Con ello conseguimos aumentar la corriente generada (sumar la intensidad eléctrica de los paneles) y mantener fijo el voltaje, tal como se muestra en la Figura N° 13

La corriente generada es igual a la suma de todas las corrientes generadas por cada módulo, o lo que es lo mismo al producto de la corriente generada por un módulo por el número de módulos (ya que se supone que tienen las mismas características).

²¹Instalacion de sistemas fotovoltaicos Sencico

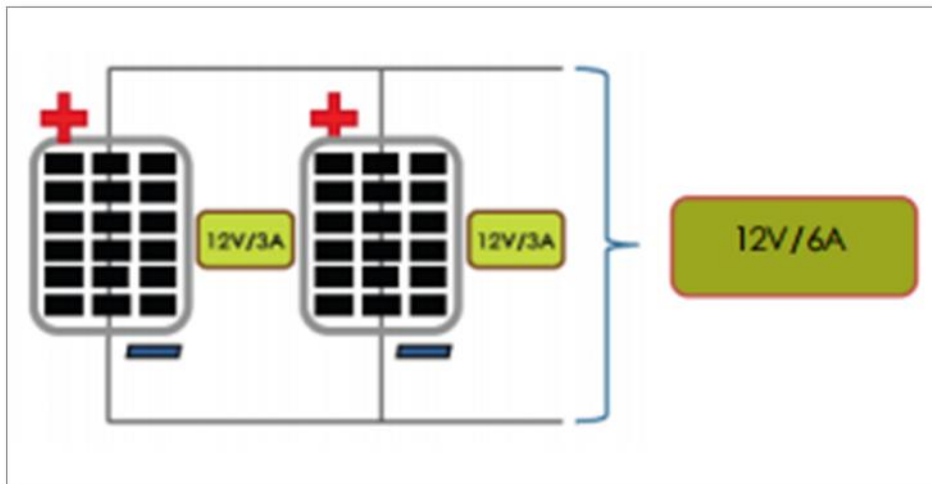


Figura N° 13: Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos²²

C. Conexión de módulos en serie/paralelo

La tensión del generador es la tensión del módulo multiplicado por el número de módulos en serie y la corriente de generador fotovoltaico es igual a la corriente de cada módulo multiplicado por el número de ramas de módulos

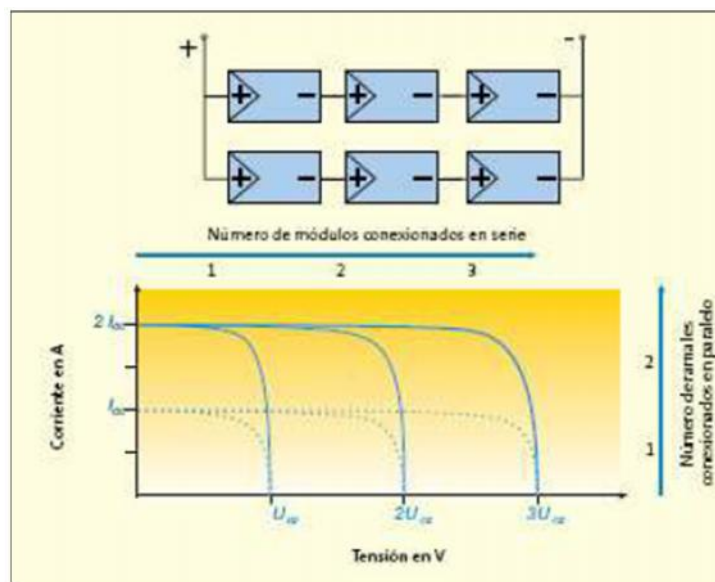


Figura N° 14: Conexión serie/paralelo de módulos fotovoltaicos²³

²² Instalacion de sistemas fotovoltaicos Sencico

²³ <http://energiadeactivacion.blogspot.pe/2015/05/optimizar-perdidas-en-parque-solares.html>

2.2.2.2. Subsistema de regulación

Un regulador de carga, cuyo emplazamiento se indica con la letra B en la figura adjunta, es un equipo encargado de controlar y regular el paso de corriente eléctrica desde los módulos fotovoltaicos hacia las baterías.



Figura N° 15:Ubicación del regulador de carga²⁴

Por lo tanto, estos dispositivos funcionan como un cargador de baterías, evitando además que se produzcan sobrecargas y a la vez limitan la tensión de las baterías a unos valores adecuados para su funcionamiento.

De este modo, un regulador de carga se encarga de controlar la forma de realizar la carga de las baterías cuando los paneles solares están recibiendo radiación solar evitando que se produzcan cargas excesivas.

²⁴ <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>

Y a la inversa, esto es, durante el proceso de descarga de las baterías destinado al consumo de electricidad en la vivienda, el regulador evita igualmente que se produzcan descargas excesivas que puedan dañar la vida de las baterías.

De un modo sencillo, un regulador se puede entender como un interruptor colocado en serie entre paneles y baterías, que está cerrado y conectado para el proceso de carga de las baterías, y abierto cuando las baterías están totalmente cargadas.

Asimismo, en la actualidad la mayoría de los reguladores de carga disponen de una función que permite maximizar la energía capturada por el generador fotovoltaico mediante el uso de una tecnología específica de seguimiento y búsqueda del punto de máxima potencia de funcionamiento del generador (MPP, Maximum Power Point), también llamado MPP-tracking ó MPPT (del inglés, track: seguir, rastrear).

El regulador de carga se seleccionará para que sea capaz de resistir sin daños unos valores de tensión nominal e intensidad máxima de acuerdo a la configuración del sistema de generadores fotovoltaicos instalados. De esta manera, éste debe estar dimensionado para soportar la intensidad máxima de corriente generada en el sistema, tanto en la línea de entrada al regulador procedente de los generadores fotovoltaicos, como en la línea de salida hacia las cargas que alimenta.



Figura N° 16: Regulador de carga²⁵

En este sentido, la corriente máxima prevista por la línea de entrada al regulador desde los generadores fotovoltaicos es la correspondiente a la corriente de cortocircuito (I_{SC}) del generador fotovoltaico más un margen de seguridad (generalmente un 25%), para tener en cuenta los posibles picos de irradiancia o los cambios de temperatura.

Por otro lado, la corriente máxima prevista por la línea de salida viene dada por el consumo de las cargas del sistema (aparatos eléctricos, electrodomésticos, etc.) también incrementada en un 25% (I_{salida}). La elección del regulador será aquel que soporte la mayor de las dos anteriores corrientes eléctricas, como se verá más adelante en este tutorial.

²⁵ <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>

Como ya se ha visto, el regulador actuará interrumpiendo el suministro de electricidad desde las baterías de acumulación hacia la instalación interior de la vivienda cuando el voltaje de las baterías quede por debajo del umbral de funcionamiento, con objeto de evitar su descarga total que pueda provocar daños en las baterías.

Igualmente, durante los periodos de insolación donde los paneles solares están generando electricidad y el voltaje de las baterías llegue a un valor límite máximo, el regulador interrumpirá la conexión entre los módulos fotovoltaicos y las baterías, o bien actuará reduciendo gradualmente la corriente media entregada por los paneles.

Por lo tanto, a la hora de seleccionar el regulador más idóneo, se deberá tener en cuenta que la tensión de desconexión de la carga de consumo del regulador deberá elegirse para que la interrupción del suministro de electricidad a las cargas se produzca cuando la batería haya alcanzado la profundidad máxima de descarga permitida, según indique las especificaciones del fabricante de la batería.

Todo regulador de corriente instalado deberá estar convenientemente protegido frente a cortocircuitos que se produzcan en la línea de consumo de la vivienda, además de contra la posibilidad de poder producirse una desconexión accidental de la batería mientras los paneles están generando energía.

Las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de generador y acumulador serán inferiores al 4% de la tensión nominal (0,5

V para 12 V de tensión nominal), para sistemas de menos de 1 kW, y del 2% de la tensión nominal para sistemas mayores de 1 kW, incluyendo los terminales. Asimismo, las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de batería y consumo serán inferiores al 4% de la tensión nominal (0,5 V para 12 V de tensión nominal), para sistemas de menos de 1 kW, y del 2 % de la tensión nominal para sistemas mayores de 1 kW, incluyendo igualmente los terminales.

En todo caso, las pérdidas de energía diarias causadas por el autoconsumo del regulador en condiciones normales de operación deberán ser inferiores al 3 % del consumo diario de energía.

Por último, indicar que todo regulador que se emplee en la instalación deberá estar etiquetado con al menos la siguiente información:

Tensión nominal (V)

Corriente máxima (A)

Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie

Polaridad de terminales y conexiones

2.2.2.3. Subsistema de adaptación de corriente

Los inversores transforman la corriente continua en corriente alterna. Se basan en dispositivos electrónicos que permiten interrumpir y conmutar su polaridad.

Para las aplicaciones de una instalación aislada, deben ser autoconmutados, es decir, no utilizan energía de una fuente exterior.

Debido a que se alimentarán cargas del tipo electrónico, es recomendable utilizar un inversor que genere una onda senoidal pura, es decir, muy similar a la de la red eléctrica. (Valdiviezo Salas 2014).

De acuerdo al Reglamento técnico “Especificaciones técnicas y ensayos de los componentes de sistemas fotovoltaicos hasta 500 Wp”, se deben cumplir las siguientes condiciones:

La distorsión armónica total en tensión del inversor debe ser inferior a 5 % en relación a la tensión fundamental RMS.

La frecuencia nominal se debe mantener entre ± 5 % del valor nominal.

La caja del inversor debe cumplir con un índice de protección de IP 54.

Deben arrancar y operar todas las cargas especificadas en la instalación y entregar la potencia nominal de forma continua.

El autoconsumo del inversor sin carga conectada no deberá ser mayor al 2% de la potencia nominal de salida; mientras que las pérdidas diarias por el inversor no deberán exceder el 5% del consumo total diario.

El inversor se debe proteger antes las siguientes circunstancias:

Tensión de entrada fuera del rango de operación.

Desconexión de las baterías.

Cortocircuito en la salida de corriente alterna.

Sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.

La superficie del inversor debe ser de material inoxidable o, en su defecto, arenado y pintados al horno, con doble base anticorrosiva (epóxica) o similar.



Figura N° 17: Inversor ABB ²⁶

2.2.2.4. Subsistema de acumulación

El sistema de almacenaje y de respaldo de energía es una de las características más importantes de una instalación FV debido a que es necesario utilizar la energía generada a cualquier hora del día. Para ello se utilizan las baterías, construidas a partir de una celda compuesta de placas llamadas Ánodo-Cátodo y un electrolito capaz de recibir, almacenar y entregar energía. De este modo, grupos de celdas conectadas eléctricamente en serie y paralelo, protegidas del medio ambiente conforman una batería.

²⁶ Valdiviezo Salas, Paulo Daniel. «Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP.» Lima, 2014.

A. Funcionamiento de las baterías.

El funcionamiento de las baterías se puede describir mediante dos principios: la capacidad en Amperes-hora (Ah) y la profundidad de descarga.

La capacidad en (Ah) es simplemente el número de Amperes que la batería puede descargar, multiplicado por el número de horas en que se entrega dicha corriente. Este parámetro determina cuánto tiempo el sistema puede operar una carga determinada sin que haya necesidad de recarga. En teoría una batería de 200 (Ah) podría entregar 200 A durante una hora, 100 A durante dos horas, 1 A durante 200 horas y así sucesivamente. Sin embargo, este no es el caso ya que algunas baterías, como las automotrices, están diseñadas para grandes descargas en periodos cortos. Si la batería es cargada y descargada a una razón diferente a la especificada, la capacidad en (Ah) puede variar. Generalmente, si la batería es descargada a una razón menor, entonces la capacidad será ligeramente mayor (Velazquez Cespedes 2012). Otro factor que influye en la capacidad de la batería es la temperatura. A menor temperatura aumenta la capacidad, a mayor temperatura disminuye la capacidad, no obstante, a mayor temperatura se incrementan las pérdidas evaporativas de la batería reduciéndose así el número de ciclos.

diseñan para altas descargas iniciales, como puede ser el arranque de un motor, pero continuamente se están cargando y descargando de manera alternativa. Estas baterías, también

llamadas de arranque se diseñan para profundidades de descarga no mayores del 20%. De manera opuesta, las baterías de ciclo profundo se diseñan en función de largos periodos de utilización sin necesidad de recibir recarga, por lo mismo éstas son más robustas y generalmente tienen mayor densidad energética, siendo perfectas para aplicaciones fotovoltaicas. Su profundidad de descarga puede ser hasta del 80% al 100% aproximadamente (Velazquez Cespedes 2012).

Las baterías más empleadas en aplicaciones fotovoltaicas y en automóviles son las de Plomo-ácido, éstas tienen la ventaja de ser más económicas que las formadas por otros compuestos. Dependiendo del material con que se mezcle el plomo, resultará la profundidad de descarga de la batería. Así, por ejemplo, si las placas son de una aleación de plomo y antimonio, el antimonio permite que la batería tenga una mayor profundidad de descarga sin que se dañen las placas, esto significa una mayor vida para la batería, y por lo tanto las baterías de Plomo-Antimonio-Ácido son de ciclo profundo. Por otra parte, el calcio aumenta la rigidez del plomo y reduce la auto descarga, sin embargo, la aleación plomo calcio se ve dañada cuando las profundidades de descarga son mayores al 25%, en consecuencia, las baterías Plomo-Calcio-Ácido son de ciclo ligero.

Como la diferencia entre el costo de las baterías solares y de automóviles es notoria, automáticamente nace la idea de optar por ésta última en un sistema fotovoltaico, ver figura 9. Pero

existen diferencias sustanciales, ya que la batería para automóviles fue diseñada para sostener corrientes elevadas por breves instantes (segundos) y el resto del tiempo está siendo cargada o permanece inactiva.



Figura N° 18: Baterías de uso fotovoltaico²⁷

En cambio, la batería solar ha sido diseñada para entregar corrientes moderadas, durante largos períodos (horas). Además de poseer una mayor profundidad de descarga.

Otro tipo de batería plomo-ácido es la denominada Gel, en la que el electrolito o ácido se encuentra en estado gelatinoso. Tienen la ventaja de que son completamente selladas y pueden operar en cualquier posición sin regar ácido o gas. Esta hermeticidad unida

²⁷ Velazquez Cespedes, Roberto Andres. «Proyecto de instalacion solar fotovoltaica en el departamento de Ingenieria Electrica de la Uniersidad Santiago de Chile.» tesis, Uniersidad de Santiago de Chile, Santiago-Chile, 2012.

a una mayor eficiencia a bajas temperaturas (debido al tipo de electrolito) y la nula necesidad de mantención (agregado de agua) la convierten en la solución ideal para instalaciones marinas, de carreteras y de comunicaciones.

La batería de Níquel-Cadmio es otro tipo de batería solar que posee aún mejores características tales como: soportar cargas y descargas excesivas, así como una mayor profundidad de descarga cercana al 100%, sin daño. Ostenta una mayor eficiencia a baja temperatura, soportando una alta combinación de temperatura y humedad ambiente. Aunque el costo de éstas es muy superior al de las otras baterías (aprox. 6 a 8 veces el de una Plomo-ácido), el costo a largo plazo es mucho menor que una batería Plomo-ácido debido a su larga vida útil y baja mantención. Usualmente se forman grupos de baterías conectadas en serie y paralelo constituyendo bancos de baterías con el objetivo de aumentar la capacidad de energía. Las conexiones en paralelo aumentan la intensidad de corriente y las en serie aumentan la tensión de salida (Velazquez Cespedes 2012).

B. Características Eléctricas de las Baterías

Las características eléctricas más relevantes de las baterías son las siguientes:

Carga: Es el proceso por el cual se convierte la energía eléctrica generada por una fuente externa en energía química almacenada en la batería.

Descarga: Es la conversión de la energía química de una batería en la energía

eléctrica que se utiliza en un dispositivo de consumo eléctrico.

Ciclo: Cuando se refiere a las baterías, un ciclo es el proceso por el cual a partir de cierto nivel de energía almacenada la batería se descarga y posteriormente se carga hasta alcanzar el nivel original de energía.

Ciclos de vida: Es la cantidad de ciclos de carga y descarga, bajo condiciones determinadas, que una batería puede soportar antes de disminuir a las condiciones de capacidad que determinan el término de su vida útil.

Densidad de energía: Es la energía disponible de una batería por unidad de volumen (Wh/lts) o por unidad de peso (Wh/kg). El fabricante entrega este valor como característica inicial.

Densidad de potencia: Es la potencia disponible de una batería por unidad de volumen (W/lts) o de peso (W/kg). El fabricante entrega este valor como característica inicial.

Régimen de descarga: Valor de corriente que se extrae de la batería.

Normalmente se expresa como una fracción de la capacidad nominal de la batería o se referencia la cantidad de horas de duración de la descarga.

Días de reserva: Es la cantidad de días que una batería con carga completa puede satisfacer una determinada demanda de energía, a una cierta tasa de descarga.

Profundidad de descarga: Son los Amperes-hora (Ah) extraídos desde una batería con carga completa, expresados como el porcentaje de su capacidad nominal a una tasa de descarga específica.

Descarga profunda: Se habla de descarga profunda cuando la batería entrega una cantidad de energía de hasta un 80% de su capacidad nominal, es decir mantiene un 20% de su capacidad.

Descarga superficial: Es cuando la batería entrega una cantidad de energía hasta un 20% de su capacidad nominal.

Tasa de descarga: Es la intensidad, en Amperes, en que la corriente eléctrica es entregada por la batería a una resistencia eléctrica conectada en sus bornes bajo condiciones específicas de operación.

Capacidad de energía: Es la energía, expresada en unidades de Ampereshora (Ah), que una batería puede entregar a una tasa de descarga especificada a partir de un nivel de carga completa hasta descarga completa. Es usual expresar esta capacidad en cantidad de Amperes-hora considerando tensiones nominales en la batería, sea de 6, 12, 24, 48 Volts (V) según corresponda.

Horas de capacidad: Es el número de horas que una batería puede entregar una corriente constante antes de alcanzar un nivel de descarga específica (80%, 60%) partiendo de carga nominal.

Sobrecarga: Es la corriente que se continúa entregando a la batería después que ésta ha alcanzado su plena carga. Esta energía adicional produce daño a las baterías ya que se producen transformaciones electroquímicas que deterioran los componentes internos.

Capacidad nominal: Es un dato proporcionado por el fabricante que indica la cantidad de Amperes-hora que puede ser extraído desde la batería con plena carga a una tasa de descarga específica y a temperatura de operación nominal hasta que se alcanza el valor de descarga nominal.

Pérdidas de capacidad: Es el proceso por el cual la capacidad disponible de la batería disminuye por efectos de las reacciones químicas internas de sus componentes básicos. Esta pérdida de capacidad puede ser paulatina producto del envejecimiento de los componentes o de forma imprevista producto de una operación inapropiada (descarga completa, falla en mantenimiento ó cortocircuito en sus bornes).

Tensión en circuito abierto: Diferencia de potencial, expresada en Volt, que aparece en los bornes de una batería cuando se encuentra en circuito abierto, esta tensión o voltaje depende del nivel de carga de la batería siendo mayor en la medida que tiene más carga.

Tensión nominal: Es la tensión que aparece en los terminales de la batería en condiciones de plena carga y con intensidad de corriente de descarga.

Tensión de descarga: Es la tensión que aparece en los terminales de la batería en condiciones de descarga o cuando se alcance un nivel de descarga determinado. Es recomendable que el fabricante proporcione el valor de la tensión en los bornes de salida en función del porcentaje de carga de la batería.

Baterías de ciclo profundo: Son aquellas que se fabrican especialmente para soportar descargas profundas sin sufrir deterioro en su conformación interna.

Baterías selladas: Son aquellas que constan de un sistema de protección que impide el derramamiento del electrolito.

2.2.3. Bombeo Solar Fotovoltaico

La energía es de vital importancia para el desarrollo rural en cualquier país. Con ella es posible llevar a cabo los trabajos que el hombre por sí solo es incapaz de hacer. Existen diversas fuentes de energía, entre ellas están los combustibles fósiles y las fuentes de energía renovable como el sol y el viento. La energía solar fotovoltaica (FV) y eólica se denominan renovables debido a que trata de un recurso limpio, abundante e inagotable. Las aplicaciones más comunes que utilizan la tecnología de renovables en el sector agropecuario son bombeo de agua, cercos eléctricos, aereación de estanques y sistemas de secado de productos agrícolas. Las renovables tienen mucha utilidad especialmente en el medio rural donde no hay suministro de energía

eléctrica convencional y el transporte de combustibles es difícil y costoso. (Rochín Garcés, Gurrola Ortiz y Ellis Saldaña s.f.)

Existen dos alternativas de sistemas de bombeos fotovoltaicos que son:

- a) **Bombeo con baterías:** Si las necesidades de extracción de agua son muy precisas o se necesita asegurar el suministro, pueden instalarse baterías para los periodos sin sol.
- b) **Bombeo solar directo:** El agua se extrae del pozo durante el tiempo de radiación solar únicamente, almacenándose en un depósito. Se evita los costes asociados a las baterías.

Los equipos que conforman esta aplicación son:

- i) **Acoplamiento módulos-bomba:** Transforma la energía generada por los módulos fotovoltaicos en adecuada para el funcionamiento de la bomba.
- ii) **Módulos fotovoltaicos:** Captan la energía del sol y la convierten en electricidad en corriente continua.

2.2.3.1. Funcionamiento del sistema de bombeo solar

La instalación de bombeo fotovoltaico (ver Figura N° 19) está compuesta principalmente por un generador FV, un motor/bomba, un pozo un sistema de tuberías y un depósito de acumulación. Se puede disponer de un sistema de acondicionamiento de potencia (controladores DC/DC, inversores DC/AC u otros dispositivos electrónicos) de acoplo

entre el generador FV al motor, para poder operar motores AC o para incrementar el rendimiento medio diario en sistemas con motores DC que accionen bombas de desplazamiento positivo. El sistema ha de estar debidamente instalado y protegido, utilizando sensores de nivel en el pozo y en el depósito de acumulación para evitar el desperdicio del agua y la operación en vacío. A pesar de que se instalan bombas de superficie o flotantes, la configuración más habitual es un sistema motobomba sumergible instalada en un pozo de sondeo. (Cruz Baldán 2011)

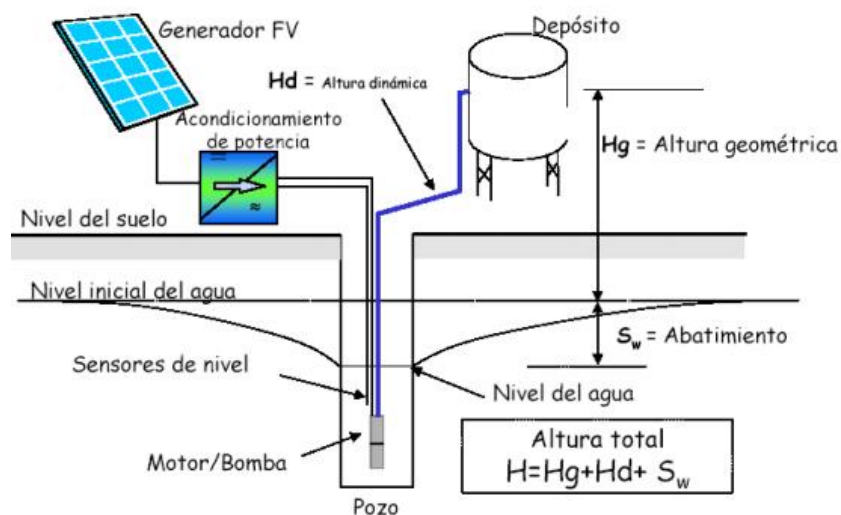


Figura N° 19: Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica²⁸

El generador FV está compuesto por un conjunto de módulos FV conectados en serie y/o en paralelo hasta alcanzar la potencia necesaria dentro de los márgenes de tensión y

²⁸ Estudio del ahorro mediante bombeo solar – Cruz Baldán, David

corriente de operación. Es habitual que el generador FV se instale sobre una estructura fija. No obstante comienzan a utilizarse estructuras con seguimiento solar e incluso con baja concentración (2X), en los que el porcentaje ganancia en volumen de agua bombeada es incluso superior a la ganancia en captación solar debido a los umbrales de bombeo. La tecnología de generador FV está ampliamente dominada por el silicio mono y policristalino. Las bombas pueden ser centrífugas multiestado o de desplazamiento positivo. Las bombas de desplazamiento positivo presentan mayores rendimientos que las centrífugas para similares niveles de potencia nominal. Por contra tienen un elevado par de arranque por lo que, en general, necesitan dispositivos de acondicionamiento de potencia, aunque estén accionadas por motores DC.

Los motores eléctricos pueden ser DC, AC o DC sin escobillas. Es habitual que el motor y la bomba formen una única unidad compacta que denominaremos motobomba o simplemente bomba. Aunque la mayor parte de las instalaciones de bombeo en aplicaciones FV se realizan con motobombas sumergibles, existen también unidades flotantes o de superficie. El sistema de acondicionamiento de potencia o controlador de bombeo está formado por aquellos elementos, inversores DC/AC, convertidores DC/DC o controladores de motor, que adaptan las características de la energía producida por el generador FV (DC a tensión y corriente variables) a las requeridas por el

motor. Los inversores DC/AC son necesarios cuando se utilizan motores AC. Habitualmente, suelen incorporar seguimiento del punto de máxima potencia (SPMP) del generador FV y varían la frecuencia de operación del motor con el objeto de operar a niveles de potencia inferiores a la potencia nominal para disminuir el umbral de arranque y maximizar el número de horas de operación a lo largo de un día. Los convertidores DC/DC se utilizan como dispositivo de acoplo entre el generador FV y el motor DC. Aunque podrían disponer de SPMP, habitualmente operan a tensiones constantes de generador FV. Su utilización es recomendable porque aumentan el rendimiento diario del sistema. En el caso de bombas de desplazamiento positivo puede incrementar en un 30% el volumen diario de agua bombeada. Este incremento es menor en el caso de motores DC accionando bombas centrífugas. Cuando se utilizan motores DC sin escobillas es necesario usar un dispositivo electrónico para la conmutación del motor denominado controlador de motor, que también lleva incorporado un sistema de SPMP del generador FV. El controlador del motor puede estar incorporado en el motor o ser externo a él. El sistema de acumulación suele ser un depósito de un volumen adecuado para proporcionar la autonomía necesaria, en general de 2 o 3 días para sistemas de agua potable y de hasta 10 días para sistemas de riego. Se suele evitar la utilización de baterías para acumular energía, a no ser

que sea estrictamente necesario por otras razones de diseño de una instalación en concreto. La fuente de agua para bombear puede ser de ríos, lagos o pozos. En instalaciones de bombeo FV es más habitual la extracción de agua de pozos que, aunque pueden ser abiertos, en la mayor parte de los casos son pozos de sondeo en los que se instala una motobomba sumergible junto con las sondas de nivel u otros dispositivos de control para evitar la operación en vacío, que dañaría la bomba irreversiblemente. El descenso del nivel del agua en el pozo de bombeo, o abatimiento, puede incrementar la altura manométrica total y ha de ser cuidadosamente analizado en función del tipo de acuífero para lograr un correcto dimensionado del sistema. PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO 8 Además de un correcto dimensionado del cableado de la instalación, son necesarios un conjunto de elementos y medidas adoptadas para garantizar la seguridad del propio sistema de bombeo FV y de las personas. Cabe destacar la utilización de varistores, fusibles seccionadores y una correcta puesta a tierra del sistema. Es habitual la instalación de estos elementos de seguridad en un armario intemperie que sirve además como centro de conexionado entre el generador FV, el acondicionamiento de potencia y el motor. (Arija González 2010)

2.2.3.2. Descripción del sistema de bombeo solar

Los principales factores que determinan la configuración de un sistema de bombeo fotovoltaico son:

a) Las condiciones hidráulicas.

La profundidad del nivel del agua en el pozo bajo la superficie.

La altura estática de elevación del agua por encima de la superficie del suelo (por ejemplo hasta un depósito de almacenamiento).

Las pérdidas adicionales de presión en tuberías y accesorios (altura dinámica)

b) La energía suministrada por el generador fotovoltaico a lo largo del día, determinada por la radiación solar y condiciones climatológicas.

De acuerdo con estos factores, se pueden definir varias configuraciones de un sistema de bombeo fotovoltaico: sumergible, flotante, con bomba centrífuga o de desplazamiento positivo, con motor de corriente continua o de corriente alterna, etc.

Los componentes esenciales en toda instalación son:

c) Subsistema de generación o generador fotovoltaico.

d) Subsistema motor-bomba.

e) Subsistema de acondicionamiento de potencia.

f) Subsistema de acumulación y distribución.

A continuación, se describen cada uno de estos elementos.

(Alonso Abella y Chenlo Romero s.f.)

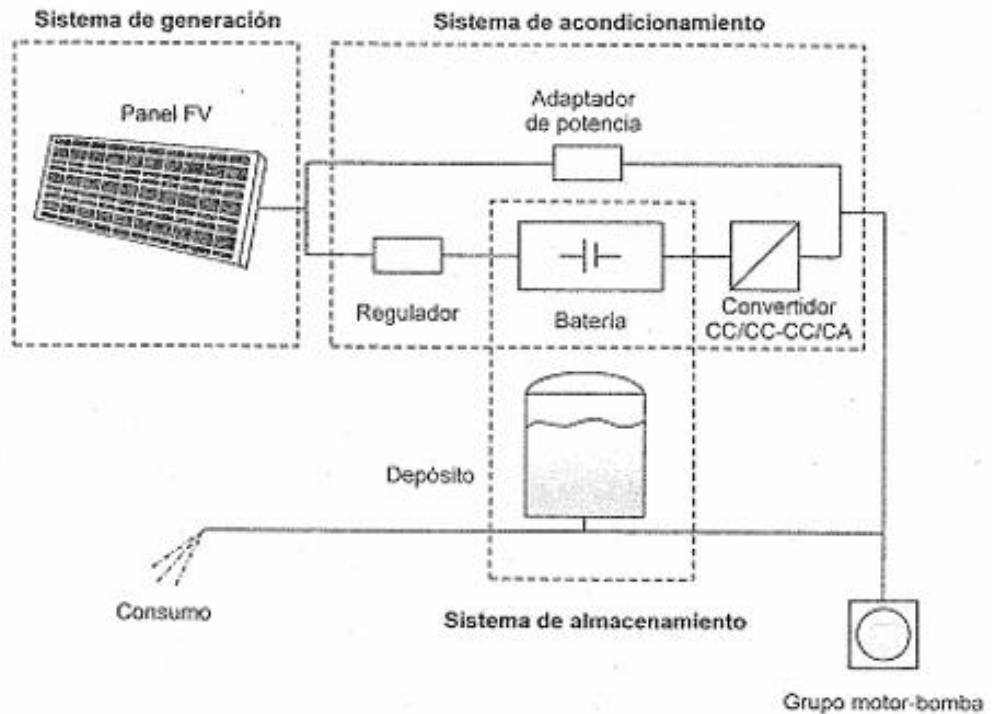


Figura N° 20: Componentes de un sistema de bombeo de agua fotovoltaico²⁹

2.2.3.3. Condiciones hidráulicas

Del apartado anterior obtendremos un caudal diario expresado en m³/día que dividiéndolo entre 24 horas obtendremos el caudal medio horario (Qd). El caudal que deberá suministrar la bomba (Qb) lo obtendremos con la siguiente expresión expresión.

$$Q_B = Q_d \times 1,8 \dots (1)$$

²⁹ (Arija González 2010)

Este caudal será el caudal mínimo que nos deberá suministrar la bomba y que utilizaremos para seleccionarla más adelante en tablas del fabricante una vez sepamos la potencia del motor que lleva acoplado. Es un valor aproximado para las necesidades pico en cada instalación, con lo cual su valor es flexible. (Arija González 2010)

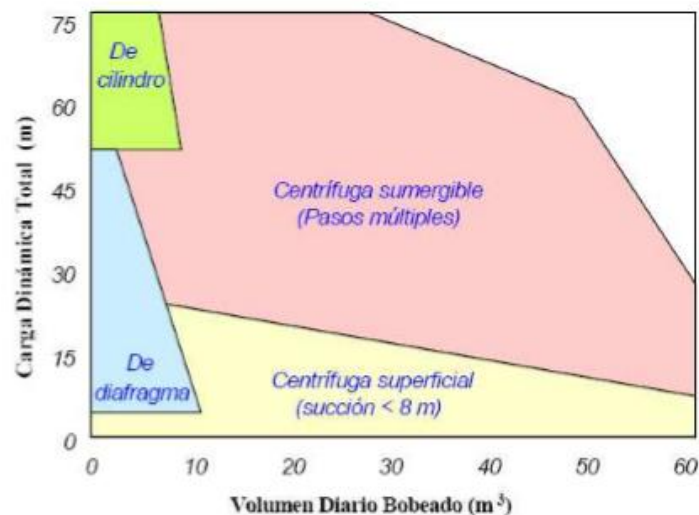


Figura N° 21: Caudal vs carga dinámica del sistema³⁰

a. Carga estática.

Conocida como altura geométrica, H_g , es la distancia geométrica desde el nivel del agua en el pozo hasta el punto más elevado, hasta donde debe bombearse el agua. Hay que considerar que el del agua en el pozo desciende al producirse el bombeo hasta una profundidad en la cual la salida del caudal del pozo se iguala con la entrada de caudal al mismo. (Arija González 2010)

³⁰ (Cruz Baldán 2011)

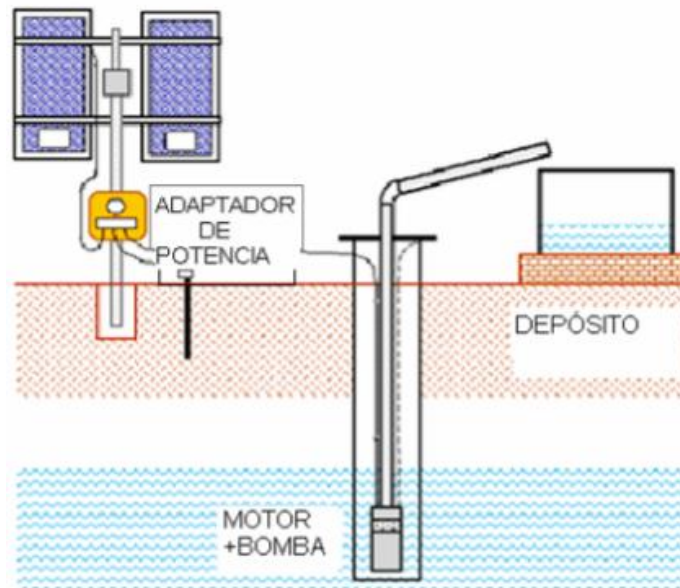


Figura N° 22. Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica³¹

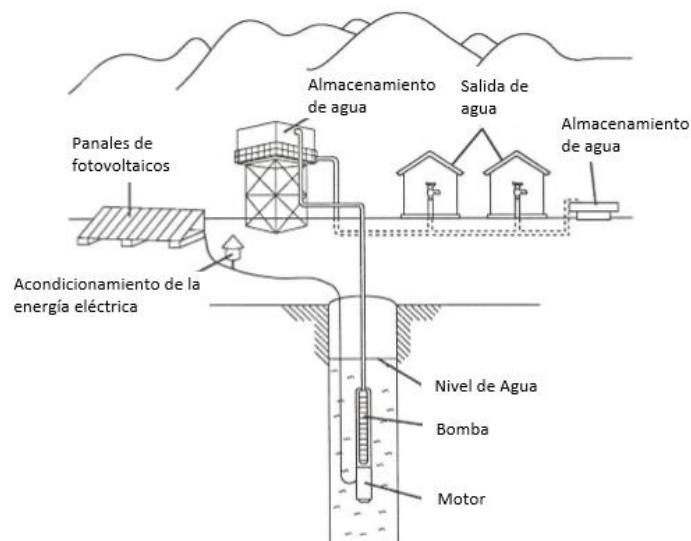


Figura N° 23: Componentes de sistema de bombeo de agua fotovoltaico³²

³¹ (Arija González 2010)

³² (The Schumacher Centre for Technology and Development 2010)

b. Carga dinámica.

H_d es resultado de la caída de presión cuando un líquido circula por el interior de una tubería (fricción). Estas pérdidas de carga dependen de la longitud de la tubería, de su diámetro y del coeficiente de fricción, el cual depende a su vez de la rugosidad de la superficie interior del tubo y de las características de la corriente (régimen laminar o turbulento).

Abatimiento.

El descenso del nivel del agua en el espacio interior del pozo desde un nivel estacionario, en el que el caudal extraído es nulo (y no se está en ningún proceso de recuperación), hasta un determinado nivel, cuando el caudal extraído es Q . (Arija González 2010)

2.2.3.4. Subsistema Motor-bomba

El subsistema motor-bomba está formado por un motor que acciona una bomba de agua. En general, los motores pueden ser de corriente continua (DC) o de corriente alterna (AC). Las bombas pueden ser centrífugas o de desplazamiento positivo. Por su situación en el pozo los sistemas motor-bomba pueden ser sumergibles, flotantes o de superficie. (Cruz Baldán 2011)

a) Motores.

Un motor es una máquina que transforma energía eléctrica en energía mecánica. Dependiendo del tipo de alimentación eléctrica, los motores pueden clasificarse básicamente en:

Motores de corriente continua (DC)

Motores de corriente alterna (AC)

Dependiendo del tipo de construcción, los motores de corriente continua pueden ser de imán permanente (con o sin escobillas), Serie, Shunt o Compuesta y los motores de corriente alterna pueden ser monofásicos o trifásicos, síncronos o asíncronos.

El principio de funcionamiento de los motores es la inducción electromagnética, según el cual una espira por la que circula una corriente eléctrica dentro de un campo magnético está sometida a una fuerza de desplazamiento. (Alonso Abella y Chenlo Romero s.f.)

1. Motores DC

Las partes fundamentales de un motor de corriente continua son el inductor o estator que es la parte fija de la máquina, el inducido o rotor que es la parte giratoria, el colector que va montado sobre el mismo eje que el rotor y giran simultáneamente y las escobillas que son unos contactos a presión que rozan sobre el colector y tienen como misión la entrada y la salida de la corriente del rotor. (Alonso Abella y Chenlo Romero s.f.)

Principales ventajas de los motores DC:

Altos rendimientos

No necesitan un inversor

En general están bien diseñados para acoplarse directamente al generador FV cuando accionan bombas centrífugas.

2. Motores AC

Debido al gran número de aplicaciones para los que se han estado utilizando durante años se dispone de una gran variedad de motores AC. Su inclusión en sistema fotovoltaico implica aumentar el coste económico debido a que necesitan la presencia de un inversor DC/AC. Además, se necesitan dispositivos electrónicos auxiliares para proporcionar las altas corrientes de arranque. Sin embargo, los motores AC son, en general, más eficientes y relativamente más baratos, siendo típicamente la mitad del costo de un motor DC de la misma potencia.

Los motores AC se componen fundamentalmente de dos partes, rotor y estator, y se caracterizan por su voltaje y potencia nominales, por su velocidad de giro, dependiente de la frecuencia de la tensión de alimentación, y por el par motor. Los motores de corriente alterna tienen un factor de potencia que limita el aprovechamiento de la corriente suministrada, dando lugar a pérdidas adicionales. (Alonso Abella y Chenlo Romero s.f.)

b) Bombas

Una bomba es una máquina capaz de transformar energía mecánica en energía hidráulica. Hay dos tipos básicos de bombas:

Bombas de desplazamientos positivos o volumétricos.

Bombas centrífugas.

Las bombas de desplazamiento positivo tienen un contorno móvil que, por cambios de volumen, obliga al fluido a avanzar a través de la máquina. Se abre una cavidad en la que el fluido penetra a través de una toma y después se cierra expulsando el fluido por la abertura de salida.

Las bombas centrífugas añaden simplemente cantidad de movimiento al fluido por medio de paletas o alabes giratorios. Es estas bombas son útiles cuando hay que bombear agua a poca altura, y por ello se las utilizan para extraer agua de ríos, arroyos o lagos. Incrementos substanciales en el valor de la altura, requieren valores muy elevados para la potencia a instalarse. Algunos modelos son flotantes, mientras que otros operan en la superficie (orilla). (Cruz Baldán 2011)

2.2.2.6. Equipo de bombeo compatible con sistemas fotovoltaicos.

La potencia que producen los módulos FV es directamente proporcional a la intensidad del sol. Es decir, a medida que varía la intensidad solar durante el día, también cambia la

disponibilidad de potencia para la bomba. Fabricantes tales como Grundfos, Solarjack, A.Y. McDonal, Dankoff, Shurflo, entre otros, fabrican equipos para bombeo solar diseñados especialmente para trabajar en estas condiciones de potencia variable. Cada fabricante suministra el motor, la bomba y los controles necesarios. Aparte de los controles, las bombas son muy similares a las bombas convencionales. Hay equipos de bombeo solar con bombas centrífugas y volumétricas, sumergibles y no sumergibles. A continuación, se mencionan algunas características de cada tipo. (Rochín Garcés, Gurrola Ortiz y Ellis Saldaña s.f.)

A. Bombas de desplazamiento positivo o volumétrico

Tienen como principio el aumento de presión. Están formadas por un contorno móvil que obliga al fluido a avanzar por la máquina por cambios de volumen. Son apropiadas para altos incrementos de presión y bajos caudales. Necesitan un elevado par de arranque (por tanto, no pueden ser acopladas directamente al generador). (Perpiñan Lamigueiro 2015)

Se pueden distinguir entre:

Bombas de émbolo alternativo, en las que existe uno o varios compartimentos fijos, pero de volumen variable, por la acción de un émbolo o de una membrana (Figura N° 24). Son destacables las bombas de diafragma, más económicas, pero que requieren el reemplazo de los diafragmas cada dos o tres años, dependiendo del fabricante.

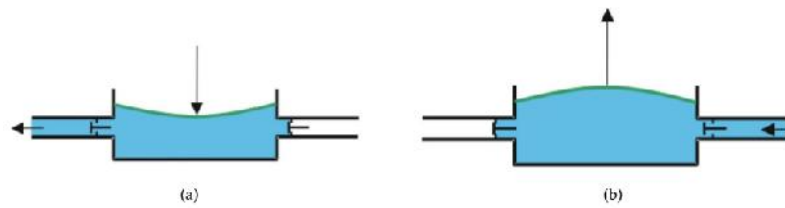


Figura N° 24: Bomba de diafragma³³

Bombas volumétricas, en las que una masa fluida es confinada en uno o varios compartimentos que se desplazan desde la zona de entrada (de baja presión) hasta la zona de salida (de alta presión) de la máquina. En los SFB es frecuente el uso de las denominadas bombas helicoidales (Figura N° 19).

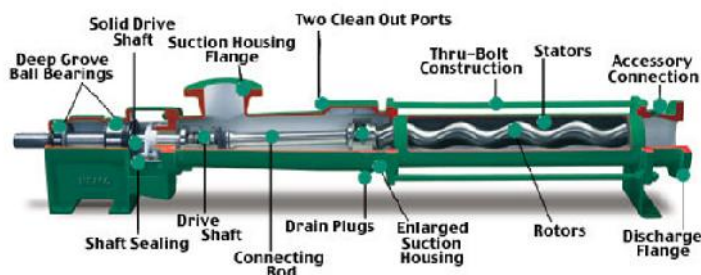


Figura N° 25: Bomba helicoidal³⁴

B. Bombas centrífugas

Tienen como principio añadir cantidad de movimiento. En este tipo de bombas hay uno o varios rodets con álabes que giran generando un campo de presiones en el fluido. Dentro de este

³³ (Perpiñan Lamigueiro 2015)

³⁴ (Perpiñan Lamigueiro 2015)

grupo son destacables las bombas radiales o centrífugas, en las que el fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba. El contorno de este cuerpo conduce el fluido hacia las tubuladuras de salida o hacia el siguiente rodete (también denominado etapa).

Están diseñadas para vencer una presión más o menos constante, proporcionando elevados caudales para bajas alturas manométricas, y funcionan bien con pequeños pares de arranque. Se puede aumentar la altura que son capaces de vencer añadiendo etapas en serie en la misma bomba. Son bombas simples, robustas y de bajo coste. (Pericaguan Moreno 2009)

Bombas sumergibles suelen conformar un único equipo con el motor y son adecuadas para pozos profundos de pequeño diámetro.(ver Figura N° 26)



Figura N° 26. Bomba centrífuga sumergible³⁵

Bombas flotantes son de aplicación en ríos, lagos o pozos de gran diámetro, lugares con elevado caudal pero escasa altura manométrica.(ver Figura N° 27)



Figura N° 27: Bombas centrífugas flotantes³⁶

Bombas de superficie funcionan por succión a nivel del suelo, facilitando el mantenimiento. (ver Figura N° 28)

³⁵ (Rochín Garcés, Gurrola Ortiz y Ellis Saldaña s.f.)

³⁶ <http://www.basingeneria.com/es/bombas-de-agua-flotantes/>

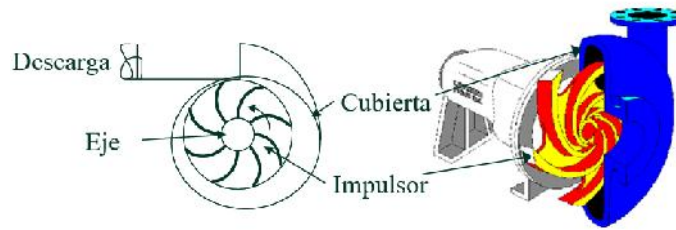


Figura N° 28: Bombas centrífugas de superficie³⁷

2.2.2.7. Selección de bomba

El proceso de selección de la bomba es importante en el proyecto. Las bombas tienen que usar la energía de manera eficiente debido a que, en un sistema fotovoltaico la producción de energía es dinero. Este proceso se complica debido a la cantidad de marcas y características de una bomba. Los fabricantes llegan a ofrecerte una cantidad elevada de modelos de bombas y cada uno tiene su rango de optimización, lo que dificulta la selección.

Las bombas de desplazamiento positivo de pistón son las más eficientes, pero no se recomienda para carga dinámica total baja de caudal mediano y grande.

En el siguiente diagrama se observa el tipo de bomba adecuada que se debe seleccionar según su carga dinámica total del sistema de bombeo. Se presentan las ventajas y desventajas de las diferentes bombas utilizadas en el bombeo fotovoltaico

³⁷ (Alonso Abella y Chenlo Romero s.f.)

2.2.2.8. Subsistema de acumulación y distribución.

Contra el desbordamiento del depósito caben medidas de aprovechamiento alternativo del agua. Por ejemplo, puede añadirse una canalización secundaria que conduzca el agua sobrante para otros usos como regadío, lavandería, o agua para el ganado. Otro enfoque consiste en detener la extracción de agua. Este método suele implementarse con la combinación de un presostato en la tubería y una boya en el depósito. Cuando en el depósito se alcanza un nivel determinado, la boya acciona el cierre de la entrada al depósito. Sin embargo, la bomba sigue elevando agua de forma que la presión dentro de la tubería aumenta hasta accionar el presostato. Al igual que en la protección contra el vaciado del pozo, el control debe incluir un tiempo de espera antes de reanudar la marcha para permitir que baje el nivel del depósito. (Perpiñan Lamigueiro 2015)

El circuito hidráulico es el conjunto de accesorios que completan la instalación desde la salida del pozo o sondeo hasta el punto de suministro, pasando por el almacenaje en depósito elevado en caso necesario. Comprende elementos tales como la tubería de impulsión, el depósito elevado, la boca de pozo, la tubería de distribución y valvulería asociada. La tubería de impulsión es la tubería instalada a la salida de la bomba. Podrá ser de polietileno de alta densidad y calidad alimentaria, de coste menor pero con ciertos problemas a la

hora de la instalación por su tendencia a enrollarse. Como alternativa están las tuberías autoportantes flexibles que evitan los problemas anteriores, aunque su coste es mayor, además de requerir terminales específicos fabricados en acero inoxidable que encarecen la instalación. Para depósitos pequeños (< 1000l) debe elegirse un depósito plástico de color negro, ya que los colores que permiten el paso de la luz favorecen la aparición d algas y otros contaminantes. Este plástico puede ser polietileno de alta densidad para uso alimentario. (Perpiñan Lamigueiro 2015)

2.2.2.9. Controladores

Los controles electrónicos pueden mejorar el rendimiento de un sistema de bombeo solar, bien diseñado, del 10 al 15%. Los controles se usan con frecuencia en áreas con niveles de agua y/o condiciones atmosféricas fluctuantes. Los controles electrónicos consumen del 4 al 7% de la energía generada por el arreglo. Es común que las bombas FV se vendan junto con el controlador adecuado para operarlas eficientemente. Generalmente se usan controladores de potencia máxima (los cuales operan el arreglo cerca de su punto de potencia pico. (Díaz Corcobado 2008)

2.2.4. Marco legal

Energías renovables para electrificación rural (pequeños y medianos sistemas)

- a) Ley N°28749.** Ley General de Electrificación Rural.
- b) D.S. N° 011-2009-EM.** Modificación del D.S. N° 025-2007-EM, Reglamento de la Ley N° 28749.
- c) Norma Técnica Peruana NTP 399.403-2006.** Sistemas fotovoltaicos hasta 500 Wp. Especificaciones técnicas y métodos para la calificación energética de un sistema fotovoltaico.
- d) Guía de instalación de sistemas fotovoltaicos doméstico (SFVD).**
- e) Norma Técnica de edificación EM 080, Instalaciones con energía solar.**

1. N.T.E. EM. 080 instalaciones con energía solar (Norma técnica de edificación EM 080 instalaciones con energía solar)

La presente norma de aplicación obligatoria a nivel nacional describe las especificaciones técnicas y los procedimientos constructivos básicos que deben cumplir las viviendas que incluyan sistemas solares fotovoltaicos y fototérmicos (para el calentamiento del agua).

2. Resolución ministerial R.M. N° 037-2006-MEN/DM (Código nacional de electricidad – utilización: sección 350)

Nos hace referencia a los sistemas solares fotovoltaicos.

3. Norma Técnica Peruana NTP 399.403 2007: Sistemas fotovoltaicos hasta 2000Wp. Reglamento técnico

Especificaciones técnicas y procedimientos de evaluación de sistemas fotovoltaicos y sus componentes para electrificación rural. El presente proyecto de reglamento técnico establece las especificaciones técnicas y los procedimientos de evaluación que debe cumplir el sistema fotovoltaico y sus componentes.

4. Resolución Directoral N° 003-2007-EM/DGE: Reglamento técnico especificaciones técnicas y procedimientos de evaluación del sistema fotovoltaico y sus componentes para electrificación rural

Que, en el Artículo 1º de la Ley 28546, Ley de Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables no Convencionales en Zonas Rurales Aisladas y de Frontera del País, publicada el 16 de junio de 2005, establece que dicha Ley tiene por objeto promover el uso de las energías renovables no convencionales para fines de electrificación, con el fin de contribuir al desarrollo integral de las zonas rurales, aisladas y de frontera del país, así como mejorar la calidad de vida de la población rural y proteger el medio ambiente.

El proyecto deberá cumplir con las exigencias técnicas de los dispositivos vigentes relacionados con el ámbito de la distribución, siendo los relevantes los siguientes:

1. R.M. N° 139 – 2006 – EM / DGE (p. 17/Enero/2006) Código Nacional de Electricidad de Sistema de utilización TOMO V

Establecer las reglas preventivas para salvaguardar las condiciones de seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal, y de la propiedad, frente a los peligros derivados del uso de la electricidad; así como la

preservación del ambiente y la protección del Patrimonio Cultural de la Nación.

Impacto Ambiental

Consecuencias ambientales de la utilización de la energía solar

Las consecuencias que la utilización de energía solar proporciona al ambiente no pueden ser otra cosa más que un beneficio para el mismo ambiente, primeramente, debido a la disminución de las emisiones de gases contaminantes como el dióxido de carbono, dióxidos de azufre u óxidos de nitrógeno, ya que estos elementos tóxicos lo generan otros sistemas de generación como son centrales térmicas y los sistemas tradicionales que utilizan las comunidades ya sea como los mecheros etc. Que son las que verdaderamente contaminan, consecuentemente el beneficio de la utilización de este sistema solar es para el agua, suelo, la flora y fauna respectiva se ven beneficiados y todo esto ayudando finalmente a nuestro planeta mismo.

Normas y Leyes Ambientales

Norma ISO 14001

Es una norma aceptada internacionalmente que establece cómo implantar un sistema de gestión medio ambiental eficaz. La norma se ha concebido para gestionar el delicado equilibrio entre el mantenimiento de la rentabilidad y la reducción del impacto medioambiental.

Ley N°28611 – Ley General del medio ambiente en el Perú

Mediante esta ley se reglamentan aspectos relacionados a la materia ambiental en el Perú. Asimismo; por un lado, plantea a los ciudadanos una serie de derechos con relación al tema ambiental, en tanto que se debe garantizar un ambiente saludable, equilibrado y apropiado para el desarrollo de la vida; y por otro lado, deberes, en la medida en que todos estamos obligados a contribuir a una efectiva gestión ambiental y a proteger el ambiente.

2.3. Definición conceptual de la terminología empleada³⁸.

Acumulador: Elemento de instalación capaz de almacenar la energía eléctrica, transformándola en energía química. Se compone de diversas baterías conectadas entre sí en serie o en paralelo.

Amperio-hora: Unidad usada para especificar la capacidad de una batería.

Balance of System (BOS): Representa el resto de componentes del sistema, añadidos a los módulos fotovoltaicos.

Baterías: Acumulan la energía que reciben de los paneles. Cuando hay consumo, la electricidad la proporciona directamente la batería y no los paneles.

Diodo de bloqueo: Diodo que impide que se invierta la corriente en un circuito. Normalmente es usado para evitar la descarga de la batería.

³⁸ <https://www.mrwatt.eu/es/content/glosario-energia-solar-fotovoltaica>

Caja de Conexiones: Elemento donde las series de módulos fotovoltaicos son conectados eléctricamente, y donde puede colocarse el dispositivo de protección, si es necesario.

Célula Fotovoltaica: Unidad básica del sistema fotovoltaico donde se produce la transformación de la luz solar en energía eléctrica.

Central Fotovoltaica: Conjunto de instalaciones destinadas al suministro de energía eléctrica a la red mediante el empleo de sistemas fotovoltaicos a gran escala.

Concentrador: Dispositivo que mediante distintos sistemas, concentra la radiación solar sobre las células fotovoltaicas.

Contador: Un contador principal mide la energía producida (kWh) y enviada a la red, que pueda ser facturada a la compañía a los precios autorizados. Un contador secundario mide los pequeños consumos de los equipos fotovoltaicos (kWh) para descontarlos de la energía producida.

Controlador de Carga: Componente del sistema fotovoltaico que controla el estado de carga de la batería.

Convertidor Continua - Continua: elemento de la instalación encargado de adecuar la tensión que suministra el generador fotovoltaico a la tensión que requieran los equipos para su funcionamiento.

Dimensionado: Proceso por el cual se estima el tamaño de una instalación de energía solar fotovoltaica para atender unas necesidades determinadas con unas condiciones meteorológicas dadas.

Integración en edificios (BIPV): Término que se refiere al diseño e integración fotovoltaica en el desarrollo de edificios, normalmente reemplazando los materiales que convencionalmente se emplean en los edificios.

Efecto Fotovoltaico: Conversión directa de la energía luminosa en energía eléctrica.

Eficiencia: En lo que respecta a células solares es el porcentaje de energía solar que es transformada en energía eléctrica por la célula. En función de la tecnología y la producción técnica, éste varía entre un 5% y un 30%.• **Electrolito:** En el caso de las baterías empleadas en sistemas fotovoltaicos, es una solución diluida de ácido sulfúrico en la que se verifican los distintos procesos que permiten la carga y descarga de la batería.

Fotón: Cada una de las partículas que componen la luz.

Fotovoltaico (FV): Relativo a la generación de fuerza electromotriz por la acción de la luz.

Generador: Conjunto de todos los elementos que componen una instalación fotovoltaica, necesarios para suministrar energía a las distintas aplicaciones. Transforma la energía del Sol en energía eléctrica y carga las baterías.

Inclinación: Ángulo que forma el panel fotovoltaico con una superficie perfectamente horizontal o a nivel.

Inversor: Transforma la corriente continua que suministran las baterías o los paneles en corriente alterna para su uso en diferentes electrodomésticos o aplicaciones, tanto en sistemas aislados como en sistemas conectados a red.

Kilovatio (kW): Unidad de potencia equivalente a 1000 vatios.

Módulo o Panel Fotovoltaico: Es el conjunto formado por las distintas células fotovoltaicas interconectadas, encapsuladas y protegidas por un vidrio en su cara anterior y por un marco por los laterales. El módulo está provisto de terminales para su conexión a la instalación.

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT): Temperatura a la que trabaja una célula en un módulo bajo las Condiciones de Operación Estándar, que es de 20° Centígrados de temperatura ambiente, irradiación de 0,8 kW/m² y velocidad media del viento de 1 m/s, con el viento orientado en paralelo al plano de la estructura y todos los lados de la estructura totalmente expuestos al viento.

Orientación: Ángulo de orientación respecto al Sur Solar de la superficie de un panel. El Sur geográfico (o real) no debe confundirse con el magnético, que es el que señala la brújula, aunque en el caso de España la diferencia no suponga grandes desviaciones.

Punto de máxima potencia de un Panel: Potencia que suministra un panel fotovoltaico cuando el producto de la tensión por la intensidad es máximo.

Radiación Solar: Cantidad de energía procedente del sol que se recibe en una superficie y tiempo determinados.

Rendimiento: Es la relación que existe entre la energía que realmente transforma en energía útil y la que requiere un determinado equipo para su funcionamiento.

Silicio: Elemento químico del que básicamente se componen las células de un panel solar. Es de naturaleza prácticamente metálica, gris oscuro y de excelentes propiedades semiconductoras.

Sistema Aislado o Remoto: Sistema fotovoltaico autónomo, no conectado a red. Estos sistemas requieren baterías u otras formas de acumulación. Suelen utilizarse

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

En la electrificación de viviendas y bombeo fotovoltaico para el caserío Succha ubicado en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc departamento de Cajamarca, la metodología empleada en el presente trabajo de investigación, según su profundidad es descriptiva, ya que en esta etapa se utilizaron técnica para detallar, tomar y recopilar datos de campo, además de otros datos como la radiación solar con la finalidad de obtener los requerimientos mínimos de energía eléctrica; posteriormente nuestra investigación se torna en explicativa; esto porque nos permitió llegar a una conclusión luego de los cálculos realizados y selección de equipos y materiales para la instalación fotovoltaica.

3.2. Población y muestra

Se identificó la muestra el cual fue igual a la población el caserío Succha, ubicado en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.

3.3. Hipótesis

La hipótesis planteada en este examen de suficiencia profesional es la siguiente.

Si utilizamos la radiación solar entonces se lograra electrificar y bombear agua por medio de paneles solares en el caserío Succha ubicado en el

Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.

3.4. Operacionalización de las variables

Tabla N° 1: Operacionalización de variables

TIPO	DEFINICIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTO	INDICADORES
DEPENDIENTE	Electrificación y bombeo de agua Con paneles solares	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Análisis documental ✓ Entrevista ✓ Observación 	1.1. Análisis de contenido 2.1. Cuestionario 3.1. Lista de Chequeo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cálculo de la energía promedio diaria proyectada y radiación solar ✓ Dimensionar el sistema de generación y distribución con paneles solares ✓ Dimensionamiento del sistema de bombeo de agua con paneles solares
INDEPENDIENTE	Radiación solar	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Análisis documental y software 	4.1 Análisis de contenido 4.2 Software Solarius plus	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Determinación de la radiación solar promedio

Fuente: elaboración propia

3.5. Métodos y Técnicas de investigación

En el presente examen de suficiencia utilizamos el método deductivo a partir de las teorías, leyes y normas emitidas por el Ministerio de Energía y Minas las aplicamos para calcular, seleccionar los equipos. Las técnicas principales empleadas fueron las siguientes:

a) Observación directa³⁹

“Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos” (WILSON 2000).

Es directa cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar. Es indirecta cuando el investigador entra en conocimiento del hecho o fenómeno observando a través de las observaciones realizadas anteriormente por otra persona. Tal ocurre cuando nos valemos de libros, revistas, informes, grabaciones, fotografías, etc., relacionadas con lo que estamos investigando, los cuales han sido conseguidos o elaborados por personas que observaron antes lo mismo que nosotros. (WILSON 2000).

³⁹ <https://tecnicasdelectoescritura.jimdo.com/t%C3%A9cnicas-de-investigaci%C3%B3n/>

“La observación participante es cuando para obtener los datos el investigador se incluye en el grupo, hecho o fenómeno observado, para conseguir la información desde adentro. Observación no participante es aquella en la cual se recoge la información desde afuera, sin intervenir para nada en el grupo social, hecho o fenómeno investigado. Obviamente, La gran mayoría de las observaciones son no participantes” (WILSON 2000).

b) La Entrevista⁴⁰

“Es un interrogatorio dirigido por un investigador (entrevistador), con el propósito de obtener información de un sujeto (entrevistado), en relación con uno o varios temas o aspecto específicos”. (MENDOZA 2008:90)

“Según la naturaleza de las preguntas y el control que ejerza el entrevistador, puede ser: entrevista dirigida el entrevistador plantea una serie de preguntas que requieren respuestas breves. Estas preguntas se elaboran previamente y es común que el entrevistador registre las respuestas por escrito, junto a cada una de las cuestiones”. (MENDOZA 2008:90)

c) Análisis documental

Este instrumento de medición se utilizó para registrar la información de diferentes bibliografías sobre sistemas de generación eléctrica fotovoltaica.

⁴⁰ <https://tecnicasdelectoescritura.jimdo.com/t%C3%A9cnicas-de-investigaci%C3%B3n/>

Este instrumento de medición se utilizó para registrar la información de diferentes bibliografías sobre instalaciones de bombeo fotovoltaico.

3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

Los instrumentos utilizados en el presente trabajo de investigación; son distintos para cada una de las variables como las etapas del trabajo efectuado.

Cuestionario:

Un cuestionario es, por definición, el instrumento que utilizamos para recolectar datos durante el trabajo de campo de algunas investigaciones cuantitativas. Luego Con la finalidad de hacer los cálculos correspondientes nos ayudaremos del software Office 2016, Con las hojas de cálculo en Excel.

Lista de chequeo

Mientras se va avanzando en la elaboración del examen de suficiencia es necesario verificar paso a paso lo que se está haciendo con lo que se ha planeado hacer para lograr el objetivo.

Análisis de contenido

Para fundamentar la investigación es necesario conseguir información relacionados con el tema, en este caso se ha investigado en tesis, revistas, páginas de internet, textos.

3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos

Medidas de tendencia central

a) Media (Promedio)

Es una medida estadística de tendencia central y que la hemos utilizado para determinar el valor promedio de la radiación solar, las cuales provinieron de diferentes fuentes.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Propuesta de la investigación

Para este examen de suficiencia con el objetivo de dimensionar un sistema de fotovoltaico en el caserío el Succha, ubicado en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.

Se determinó que el número de habitantes es de 35, el número de viviendas es de 16. Para lo cual se propone o siguiente:

Para lo cual se propone o siguiente:

4.1.1. Electrificar con paneles solares

Se elaboró un plano de lotización de Caserío Succha – Bambamarca-Hualgayoc– Cajamarca, con la finalidad de poder tener las ubicaciones de las viviendas.

En lo que respecta al equipamiento en la tabla 4 se indica, el número de paneles solares utilizados, reguladores, baterías, inversores, el interruptor termomagnético. El equipamiento se muestra en el plano, en el ANEXO N°06.

Tabla N° 2: Equipamiento de la instalación fotovoltaica para el caserío Succha en el distrito de Bambamarca- Hualgayoc -Cajamarca

Equipamiento	Cantidad
Módulos fotovoltaicos modelo YL300P-35b, de 300 Wp monocristalino; 8 ramas de dos módulos fotovoltaicos conectados en paralelo.	12
Baterías de la marca ROLLS modelo 11 CS 11PS; 2 ramas de 4 baterías.	8
Reguladores Victron MPPT 150/70-Tr	1
Inversor ABB string inverters cuyo modelo es PVS300-TL-3300W-2..	1
Accesorios eléctricos	1

Fuente: elaboración propia

Se propone además usar el conductor con formación 2x16/25 con la finalidad de distribuir la energía eléctrica.

4.1.2. Sistema de bombeo de agua con paneles solares

Para este examen de suficiencia con el objetivo de diseñar un sistema de bombeo de agua fotovoltaico en el caserío el paraíso, ubicado en el distrito de San Andrés de Cutervo, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca.

Se determinó que el número de habitantes es de 50, el número de viviendas es de 20. Para lo cual se propone lo siguiente:

proponemos un sistema fotovoltaico de bombeo **PS600 HR-10 LORENTZ** (ANEXO 09), suministrado de energía eléctrica por 04 paneles solares marca YINGLI SOLAR DE 260 Wp

4.1.1. Sistema de bombeo PS2-600 HR-10 LORENTZ



Figura N° 1: Bomba sumergible PS2-600 HR-10- LORENTZ⁴¹

Con las siguientes características técnicas

⁴¹ Catalogo Bomba PS600 LORENTZ (ANEXO 01)

Tabla 1: Datos técnicos PS2-600 HR-10

PS2-600 HR-10

Solar Submersible Pump System

System Overview

Head	max. 80 m
Flow rate	max. 2,0 m³/h

Technical Data

Controller PS2-600

- Controlling and monitoring
- Control inputs for dry running protection, remote control etc.
- Protected against reverse polarity, overload and overtemperature
- Integrated MPPT (Maximum Power Point Tracking)
- Battery operation: Integrated low voltage disconnect

Power	max. 0,70 kW
Input voltage	max. 150 V
Optimum Vmp**	> 68 V
Motor current	max. 13 A
Efficiency	max. 98 %
Ambient temp.	-40...50 °C
Enclosure class	IP68

Fuente: Catalogo Bomba Lorentz PS600 HR-14 (ANEXO 09)

Equipamiento del sistema fotovoltaico para bombeo de agua

Tabla N° 3: Equipamiento del sistema fotovoltaico para bombeo de agua en el caserío Succha

Equipamiento	Cantidad
Bomba PS2-600 HR-10 Lorentz	1
Controlador PS600.	1
Módulos YINGLI SOLAR de 260 Wp	4
Caja de conexiones	1
Estructura para cuatro paneles	1

Fuente: elaboración propia

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Electrificación con paneles solares

5.1.1. Calculo de la energía promedio diaria

El número de viviendas del caserío Succha es de 16, con una población de 35 habitantes, además cuenta con 01 local comunal; procedemos a calcular la energía promedio diaria.

5.1.2. Calculo de la energía eléctrica

A partir de los datos recolectados en dicha localidad, tenemos información sobre los electrodomésticos que se utilizarán en las viviendas del caserío la Succha.

5.1.3. Consumo de energía necesaria diaria (Wh/día)

Tabla N° 4: Consumo de energía eléctrica diaria para vivienda y local comunal

ITEM	RECEPTOR	POTENCIA (W)	CANTIDAD	Uso diario (h)	Energía diaria (Wh)
VIVIENDA PARTICULAR					
1	Lamparas	8	3	4	96
2	Televisor	60	1	3	180
3	Carga de celular	5	2	2	20
4	Radio	10	1	5	50
5	Plancha	500	1	0	0
TOTAL, CONSUMO DE ENERGÍA DIARIA (Wh) POR VIVIENDA					346
LOCAL COMUNAL					
1	Foco ahorrador	8	2	3	48
2	Radio	12	1	4	48
3	Carga de celular	5	1	2	10
TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA DIARIA DEL LOCAL COMUNAL (Wh)					106

fuentes: elaboración propia

Alumbrado de vías públicas

Para el cálculo del número de puntos de iluminación (PI), se utilizará el procedimiento establecido en la norma DGE “Alumbrado de vías públicas en áreas rurales”, el mismo que se presenta a continuación.

a. Determinación del consumo de energía mensual por alumbrado público (CMAP):

$$C = K \cdot N \quad (2)$$

Donde:

CMAP = Consumo mensual de alumbrado público en kW-h.

KALP = Factor de AP en kW-h / usuario – mes. Dicho factor es el correspondiente al sector típico 4: KALP=3.3

NU = Número de usuarios de la localidad (16)

$$\text{CMAP} = 52,8 \text{ kWh}$$

b. Cálculo del número de punto de iluminación (PI):

$$P = \frac{(C)}{N_i} = \frac{(52,8)}{3} \approx 17,6 \text{ puntos de iluminación}$$

Donde:

PI = Puntos de iluminación.

CMAP = Consumo mensual de alumbrado público en kW-h.

NHMAP = Número de horas mensuales del servicio alumbrado público (horas/mes).

PPL = Potencia nominal promedio de la lámpara de alumbrado público en watts (60 W).

- * La cantidad de Puntos de iluminación (PI) en caso de ser decimal se debe redondear al número inferior.
- * El número de horas diarias de alumbrado público considerado debe estar comprendido entre 8 y 12 horas; mayormente 12 horas. (NHMAP = 12 x 30 = 360)

Con 2 puntos de iluminación tendremos una potencia de $2 \times 60 = 120$
 $W = 0,12 \text{ kW}$

La energía por alumbrado público lo obtenemos multiplicando la potencia por 12h de utilización obteniendo: $0,12 \text{ (kW)} \times 12 \text{ (h)} = 1 \text{ 440 Wh}$

Ahora considerando que la instalación fotovoltaica tiene una vida útil de 25 años entonces tenemos que proyectar esa energía.

Para ello consideraremos la tasa de crecimiento del departamento de Cajamarca

Tabla N° 5: tasa de crecimiento para el departamento de Cajamarca

Año	1940-1961	1961-1972	1972-1981	1981-1983	1983-2007
Tasa de crecimiento	1,6%	1,8%	1,4%	1,7%	0,8%

Fuente: INEI

El valor promedio sería el valor representativo de la tasa de crecimiento, por lo tanto la tasa de crecimiento será: 1,46 % a partir de este valor proyectaremos la población para un tiempo de 25 años y luego el número de viviendas considerando que la relación del número de habitantes por viviendas es constante

$$P_2 = P_0(1 + i)^n \dots\dots(3)$$

Donde:

Po: Población actual (35 habitantes)

P₂₅: Población proyectada al año 25

i: Taza de crecimiento poblacional (1,46%)

$$P_o \quad p = 3 \quad (1 + 0,1)^2 \approx 5 \text{ habitantes}$$

$$N_v \quad p = 5 \quad \left(\frac{1}{3}\right) \approx 2$$

Para obtener el consumo de energía promedio diaria proyectada calcularemos de la siguiente manera:

Fuente. Elaboración propia

Para obtener el consumo de energía promedio diaria proyectada calcularemos de la siguiente manera:

Tabla N° 6: Consumo de energía promedio diario proyectado del caserío Succha

ITEM	RECEPTOR	CANTIDAD	POTENCIA (W)	CONSUMO UNITARIO (Wh)	Energía diaria (Wh)
1	viviendas	23	1	346	7958
2	Local Comunal	1	1	106	106
3	Alumbrado publico	2	1	720	1440
ENERGÍA DIARIA PROMEDIO PROYECTADO EN EL CASERIO SUCCHA (Wh)					9504

fuentes: elaboración propia

De la tabla N° 6, el consumo de energía eléctrica promedio diario con la población proyectada seria de 9,504 kWh

5.1.4. Evaluación de la Radiación Solar

Para En este caso se consideró tres fuentes cuyos datos se detallan a continuación:

Atlas de energía solar del Perú, del cual podemos obtener la radiación solar máxima y mínima, para el departamento de Cajamarca⁴², observamos que la radiación solar más desfavorable varía entre 4,5 kWh/m²/día y 5 kWh/m²/día por lo que se considerará el valor promedio de 4,75 kWh/m²/día.

Consultando la página web de La NASA en su página <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi> , brinda información de la radiación solar promedio durante un periodo de 22 años.

Para ello necesitamos los datos de la latitud y longitud donde se ubica el caserío Succha⁴³.

Latitud: -6,62324210900

Longitud: -78,3940993470

⁴² SENAMHI. (2003). *Atlas de energía solar del Perú*.

⁴³ <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>

Tabla N° 7: Radiación solar en el caserío Succha según la NASA

Límite norte
-6

Límite occidental -79	Latitud central -6.5 Longitud -78.5	Límite oriental -78
--------------------------	--	------------------------

Límite sur
-7

Parámetros para dimensionamiento y señalización de paneles solares y para aplicaciones solares térmicas:

Incidente de aislamiento promediado mensual en una superficie horizontal ($\text{kWh} / \text{m}^2 / \text{día}$)

Lat -6.232 Lon -78.394	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
Promedio de 22 años	4.82	4.61	4.88	4.71	4.93	4.93	5.05	5.46	5.76	5.67	5.86	5.37	5.17

fuelle: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi>

La irradiación solar más desfavorable es en el mes de junio con un valor de 4,61 kWh/m²/día.

Usando el Software NASTEC: A partir de este software libre podemos obtener la radiación solar en el departamento de Cajamarca

Tabla N° 8: Radiación solar en el departamento de Cajamarca con el software NASTEC



Latitude	Longitude		Altitude (M)		GMT Offset (Hour(S))								
-6.67959	-78.51923		2533		-5								
Selected months for operation													
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	AVG
Average daily solar irradiance [kWh/m ² /day] for latitude tilted panels	4.81	4.56	4.81	4.74	5.09	5.16	5.28	5.58	5.75	5.60	5.85	5.38	5.22
Max daily ambient temperature [°C]	21.28	20.78	20.97	21.06	21.61	21.68	21.84	22.89	23.54	23.89	23.39	21.99	22.06
Mn daily ambient temperature [°C]	15.37	15.19	15.33	15.00	14.27	13.16	12.34	12.93	14.50	15.66	15.56	15.64	14.58
Average daily temperature [°C]	18.33	17.99	18.15	18.03	17.94	17.42	17.09	17.91	19.02	19.78	19.48	18.82	18.33

Fuente: Software NASTEC

La irradiación solar más desfavorable es en el mes de febrero con un valor de 4,56 kWh/m²/día.

Para el dimensionamiento de a electrificación con paneles solares y bombeo de agua utilizaremos el valor de 4,56 kWh/m²/día, que es el menor de los tres datos obtenido de las tres fuentes.

5.1.5. Dimensionamiento del sistema fotovoltaica

5.1.6. Generador fotovoltaico

Primeramente, debemos calcular la potencia del generador fotovoltaico teniendo en cuenta la energía eléctrica proyectada, las horas solar pico y el factor considera un factor global de funcionamiento (PR)⁴⁴ de 0,6

$$P_{dg} \text{ (kW)} = \frac{E_e}{H} \dots (4)$$

$$\frac{9,5}{4,5 \cdot 0,6} = 3,4 \text{ kW}$$

Proponemos usar el panel de la marca YINGLI SOLAR de 300 Wp, por ser de una potencia comercial y marca reconocida

Tabla N° 9: Características eléctricas de los módulos fotovoltaicos

YGE-U72 CELL SERIES							
ELECTRICAL PERFORMANCE							
Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)							
Module type			YL305P-35b	YL300P-35b	YL295P-35b	YL290P-35b	YL285P-35b
Power output	P_{max}	W	305	300	295	290	285
Power output tolerances	ΔP_{max}	W	-0/+5				
Module efficiency	η_m	%	15.6	15.4	15.1	14.9	14.6
Voltage at P_{max}	V_{mpp}	V	37.0	36.7	36.3	35.8	35.5
Current at P_{max}	I_{mpp}	A	8.25	8.17	8.12	8.10	8.02
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	46.3	46.3	45.4	45.3	45.0
Short-circuit current	I_{sc}	A	8.87	8.77	8.63	8.62	8.50

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C cell temperature, AM 1.5g spectrum according to EN 60904-3
Average relative efficiency reduction of 5.0% at 200W/m² according to EN 60904-1

fuelle: catalogo YINGLI SOLAR de 300 Wp⁴⁵ (ANEXO 01)

⁴⁴ (Agustin Castejon s.f.)

⁴⁵ http://www.yinglisolar.com/assets/uploads/products/downloads/2013_YGE_U_72_Ir.pdf

Calculamos el número de paneles solares

$$N_{dp} (N_M) = \frac{E_e}{H \cdot p \cdot (W)} \quad (5)$$

Al reemplazar los datos anteriores y la potencia del panel obtenemos

$$N_{dp} (N_M) \approx 1$$

Luego considerando una tensión de trabajo del sistema de corriente directa, podemos calcular el número de paneles en serie.

$$N_{sm} = V_{d \text{ ti}} / V_m = 4 / 1 = 2 \text{ p e s}$$

El número de ramas en paralelo de paneles se calculará con la siguiente ecuación:

$$N_{pm} = N_m / N_m \text{ e s} = 1 / 2 = 6$$

La orientación óptima será un valor constante, con una inclinación () que va a depender de la latitud (φ) del lugar y un acimut () que depende del hemisferio en el que está situado el generador.

Para determinar la inclinación óptima de una superficie fija se usa una fórmula basada en análisis estadísticos de radiación solar anual sobre superficies con diferentes inclinaciones situadas en lugares de diferentes latitudes, que proporciona la inclinación óptima en función de la latitud del lugar:

$$\beta_o = 3,7 + (0,6 \times |\varphi|) \dots\dots(6)$$

d :
 β_o : Angulo de inclinación optimo

$| \phi |$: Latitud del lugar sin signo

Por lo tanto, tomando en cuenta el método de inclinación óptima anual, se ingresan los datos en la fórmula; sabiendo que la latitud es de $-6,6232^\circ$.

$$\beta_o = 3,7 + (0,69 \times |-6,6232^\circ|)$$

$$\beta_o = 8,27^\circ$$

luego el ángulo óptimo es de $8,27^\circ$ y es la inclinación que deben tener los paneles solares para recolectar la mayor cantidad de energía solar durante el día.

Según el reglamento técnico RD 003-2007-EM/DGE. Debe tener un ángulo de inclinación no menor de 10° . Para nuestro proyecto consideraremos una elevación de 10° por estar más cerca del óptimo.

5.1.7. Dimensionamiento del banco de baterías

En este caso los parámetros importantes para el dimensionado de la batería son la máxima profundidad de descarga (estacional y diaria) y el número de días de autonomía.

$$C_T = (N_D \times d \times a_1 \times E_e) / (P_{Dm} \times V_T \times n_{i1} \times n_r) \dots (7)$$

Donde:

Tabla N° 10: Datos para el cálculo del banco de baterías

N_D : Número de días de autonomía	3
E_e : Energía eléctrica total media diaria (Wh/día).	9 504
P_{Dm} : Profundidad máxima de descarga de la batería	0,70
V_T : Tensión de trabajo (V)	48
n_{i1} : eficiencia del inversor	0,94
n_r : eficiencia del conjunto regulador batería	0,90

Fuente: elaboración propia

$$C_T = \frac{3 \times 9504}{0,7 \times 48 \times 0,94 \times 0,90} = 1\,003,04 \text{ Ah}$$

La batería que se utilizará para nuestro sistema de generación fotovoltaica será las baterías inundadas de plomo ROLLS de 503 Ah (ANEXO 02), por ser más comercial y de uso común.

El número de baterías que deben conectarse en serie:

$$N_{b \text{ en serie}} = V_{t1} / V_{ba} = 48 / 12 = 4$$

El número ramas de baterías que deben conectarse en paralelo

$$N_{r \text{ de baterías en p}} = \frac{C_a}{C_b} = \frac{1003,04}{503} = 2$$

$$N_{total} = 4 = 8$$

Luego el número total de baterías es de 8

5.1.8. Dimensionamiento del Regulador de carga

Los reguladores deben ser elegidos con un factor de seguridad para evitar daños ocasionales, para nuestro dimensionamiento se ha considerado un factor de 1,25 tanto para determinar la corriente de entrada y salida del controlador⁴⁶.

$$I_{max} = 1,25 \times I_{Cm} \times N_{Pm} = 1,25 \times 7 = 8,75 \text{ A}$$

Donde:

I_{Cm} = Corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico (A).

N_{Pm} = Número de ramas conectadas en paralelo.

⁴⁶ Llauce Chozo, A. J. (2016). *Implementación de sistema fotovoltaico para reducir el consumo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica en el restaurant el Cruceñito, ubicado en el km 901, carretera Lambayeque – Piura*. Lambayeque.

Consideraremos trabajar con el regulador MPPT 150/70 VICTRON



Figura N° 29: Regulador MPPT 150/70 Victron energy⁴⁷

Tabla N° 11: Especificaciones del regulador MPPT 150/70

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV máxima, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Corriente de cortocircuito máxima FV 2)	50A	50A	50A	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absorbido en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	10mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				

fuente: Catalogo del regulador MPPT 150/70 Victron energy⁴⁸ (ANEXO 03)

El número de reguladores que vamos a utilizar se calcula de la siguiente manera

⁴⁷ <https://www.distribucionessolares.es/EXT43001892/DOCUMENTOS/EXP0000090800128.pdf>

⁴⁸ <https://www.monsolar.com/pdf/Ficha-caracteristicas-tecnicas-outback-FLEXmax-60-80.pdf>

$$N_{r1} = I_{mdr1} / I_{r1} \quad \text{..(8)}$$

$$6,7 \text{ A} / 7 \text{ A} = 1$$

5.1.9. Dimensionamiento del inversor

Los inversores que se utilizarán para nuestra instalación fotovoltaica serán los inversores de la marca ABB string inverters cuyo modelo es PVS300-TL-3300W-2 (ANEXO 04).

la potencia del inversor requerido es de:

$$P_{deair} = \frac{2,06}{0,94} = 2,19 \text{ k}$$

Para calcular el número de inversores

$$N_{in} = \frac{2,19 \text{ k}}{3,3 \text{ k}} = 1$$

S u = 1 i

5.4.5. Dimensionamiento de los conductores eléctricos

Cálculo de la Intensidad máxima que debe soportar el tramo campo fotovoltaico – regulador

$$I_{Mm} = 1,25 \times I_{Cdp} \times N_{reper} \quad \text{..(9)}$$

Haciendo uso de la ecuación tenemos:

$$I_{Mm} = 1,25 \times 8,7 = 6,7 \text{ A}$$

Cálculo de la intensidad máxima que debe soportar el tramo regulador – inversor

$$I_{M_{ti}} = 1,25 \times P_{ci} / (V_{ti} \times \eta_{ti}) \quad \text{..(10)}$$

Haciendo uso de la ecuación tenemos:

$$I_{M_{ti}} = 1,25 \times 10 / (40,9) = 5,6 \text{ A}$$

Ahora consideraremos las caídas de tensión máximas en cada tramo:

- a) Para el tramo generador fotovoltaico- controlador se recomienda una caída de tensión entre 1% a 3% , en este caso se ha considerado el 3% y como la tensión de trabajo es 48 V, entonces la caída máximo de tensión es de 1,44 V
- b) Para el tramo controlador - batería se recomienda una caída de tensión máxima de 1% y como la tensión de trabajo es 48 V, entonces la caída máximo de tensión es de 0,48 V
- c) Para el tramo controlador - batería se recomienda una caída de tensión máxima de 1% y como la tensión de trabajo es 48 V, entonces la caída máximo de tensión es de 0,48 V

Tabla N° 12: Caída de tensión por cada tramo de la instalación fotovoltaica

Subsistema	Caída tensión Máxima
Paneles – Regulador	3%
Regulador – Baterías	1%
Baterías – Inversor	1%

Fuente: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-seccion-de-cable-para-paneles-solares/>

Para el cálculo de la sección mínima del conductor usando la siguiente ecuación

$$S_C = \frac{2 \times L \times I}{5 \times V} \dots (11)$$

Tabla N° 13: Calculo de la sección de los conductores eléctricos en cada tramo

Generador fotovoltaico - Regulador	$S_C = 2 \times L \times I / (56 \times V)$ $S_C = 2 \times 7 \times 65,76 / (56 \times 1,44)$ $S_C = 11,41 \text{ m}^2$
Regulador -Batería	$: S_C = 2 \times L \times I_M / (56 \times V)$ $S_C = 2 \times 3 \times (65,76) / (56 \times 0,48)$ $S_C = 14,68 \text{ m}^2$
Regulador Inversor	$S_C = 2 \times L \times I_M / (56 \times V)$ $S_C = 2 \times 3 \times (57,62) / (56 \times 0,48)$ $S_C = 12,86 \text{ m}^2$

Fuente. Elaboración propia

Tabla N° 14: Características eléctricas de los conductores NYY

TABLA DE DATOS TECNICOS NYY DUPLEX

CALIBRE N° x mm²	N° HILOS	ESPEORES		DIÁMETRO EXTERIOR mm	PESO (Kg/Km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO mm	CUBIERTA mm			ENTERRADO A	AIRE A	DUCTO A
2x1x6	1	1	1.4	15.4	218	77	58	62
2x1x10	1	1	1.4	17	307	105	80	85
2x1x16	7	1	1.4	19.3	454	136	108	112
2x1x25	7	1.2	1.4	22.5	672	170	140	140
2x1x35	7	1.2	1.4	24.6	880	205	175	170

fuelle: Catalogo de INDECO (ANEXO 05)

De la Tabla N° 20 y Tabla N° 21, Seleccionamos el conductor

16 mm² NYY

5.1.10. Elementos de protección

5.1.10.1. Selección de elementos de protección: fusibles⁴⁹

Para la protección contra sobreintensidades originadas por sobrecargas o cortocircuitos se empleará fusibles. En este caso se elegirán cartuchos de fusibles de cuchilla de tipo *gPV 1000V DC* de uso específico para instalaciones fotovoltaicas, de la marca **DF Electric**, que proporcionan una adecuada protección contra sobrecargas y cortocircuitos de acuerdo a la norma IEC 60269-6, y con una corriente mínima de fusión de $1,35 \cdot I_n$, capaz de interrumpir el

⁴⁹ <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>

paso de todas las corrientes que vayan desde su valor de intensidad nominal (I_n) hasta su poder de corte asignado.

Entonces, que para que el fusible seleccionado sea efectivo, se debe cumplir que:

$$I_b \leq I_n \leq 0,9 \cdot I_{adm} \dots (12)$$

siendo,

I_b la intensidad de corriente que recorre la línea.

I_n la intensidad nominal del fusible asignado a la línea.

I_{adm} es la máxima intensidad admisible del cable conductor de la línea.



Figura N° 30: Fusibles para aplicaciones fotovoltaicas⁵⁰

⁵⁰ <http://www.df-sa.es/documentacion/documentos-fotovoltaicos/fusibles-y-bases-fotovoltaicos.pdf>

Tabla N° 15: Selección de fusibles

Generador - fotovoltaico - Regulador	$I_b \quad I_n \quad 0,9 \cdot I_{adm}$ $65,76 \quad I_n \quad 0,9 \cdot (108)$ $65,76 \quad I_n \quad 97,20$ $I_n=80 \text{ A}$
Regulador- Batería	$I_b \quad I_n \quad 0,9 \cdot I_{adm}$ $65,76 \quad I_n \quad 0,9 \cdot (108)$ $65,76 \quad I_n \quad 97,20$ $I_n=80 \text{ A}$
Batería- Inversor	$I_b \quad I_n \quad 0,9 \cdot I_{adm}$ $57,62 \quad I_n \quad 0,9 \cdot (108)$ $57,62 \quad I_n \quad 97,20$ $I_n=63 \text{ A}$

Fuente. Elaboración propia

5.1.10.2. Protección del inversor

Utilizaremos interruptores termomagnéticos para evitar contactos directos usaremos un interruptor diferencial bipolar de 30 mA de sensibilidad.

Además, se pondrá un interruptor automático bipolar que debe cumplir:

$$I_{M \quad c} = 1,2 \times 2060 / (2 \times 220) =$$

$$I_{M \quad c} = 5,62 \text{ A}$$

seleccionamos un interruptor termomagnético de 6 A

5.1.11. Dimensionamiento del sistema de distribución en 220 V

Está diseñada para transportar la energía eléctrica suministrada a la tensión de servicio de los abonados desde la salida de baja tensión de los puntos de transformación hasta las acometidas. También se ubican en esta red, los dispositivos del alumbrado público.

En este ítem consideraremos la norma D.G.E. “Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural”.

5.1.12. Cálculos eléctricos

5.1.12.1. Características del sistema eléctrico

Para el desarrollo de los cálculos justificativos, se ha tomado en consideración las siguientes características eléctricas:

Redes Secundarias

- Tensión de Servicio	:	220V; Ø
- Frecuencia	:	60 Hz.
- Sistema Adoptado	:	Aéreo, radial.
- Conductores	:	CAAI

Alumbrado Público

- Tensión de Servicio	:	220 V, 1Ø
- Frecuencia	:	60 Hz.

- Sistema Adoptado : Aéreo, radial.
- Conductores : NLT 2x2,5 mm²

5.1.12.2. Cálculo de caída de tensión

La caída máxima de tensión entre el generador fotovoltaico y el extremo terminal más alejado de la red no deberá exceder el 7,0 % de la tensión nominal, según la Norma Técnica de Calidad de Servicio Eléctrico (NTCSE), para nuestro caso Sistema 220 V: Máxima caída tensión 15,4 V.

Como el sistema de distribución va ser monofásico en 220 V, se ha considerado el conductor 2x16/25 y 2x16/25, en los tramos que tengan alumbrado público y no respectivamente.

Tabla N° 16: Características eléctricas de los conductores eléctricos seleccionados

Cable	K(factor de caída de tensión)	Capacidad de corriente (A)
2x16/25	3,272	64
1x16/25	3,272	64

Fuente: norma D.G.E. rd031-2003-EM

según la Tabla N° 16 la capacidad de corriente del cables de 64 A. De la potencia del inversor obtenemos la corriente eléctrica de diseño:

Aquí consideraremos la potencia del inversor

$$I_{M \text{ c}} = 3300 / (220 \cdot 1)$$

$$I_{M \text{ c}} = 15 \text{ A} < 64 \text{ A}$$

La fórmula para calcular la caída de tensión en redes aéreas es la siguiente:

$$\Delta V = KxIxLx10^{-3} \dots(13) \text{ Donde:}$$

I = Corriente eléctrica que recorre el circuito, en A

L = Longitud del tramo, en m

K = Factor de caída de tensión

Ahora consideraremos la caída de tensión, para ellos se ha realizado el cálculo en cada circuito según el Anexo 07, para las unidades de vivienda tenemos una energía 346 Wh y para el local comunal una energía de 106 Wh, y el valor de la radiación solar es de. 4,61 kWh/m²/día. Eso nos da una potencia de:

Para la vivienda: 75,05 W, y para el local comunal 23 W

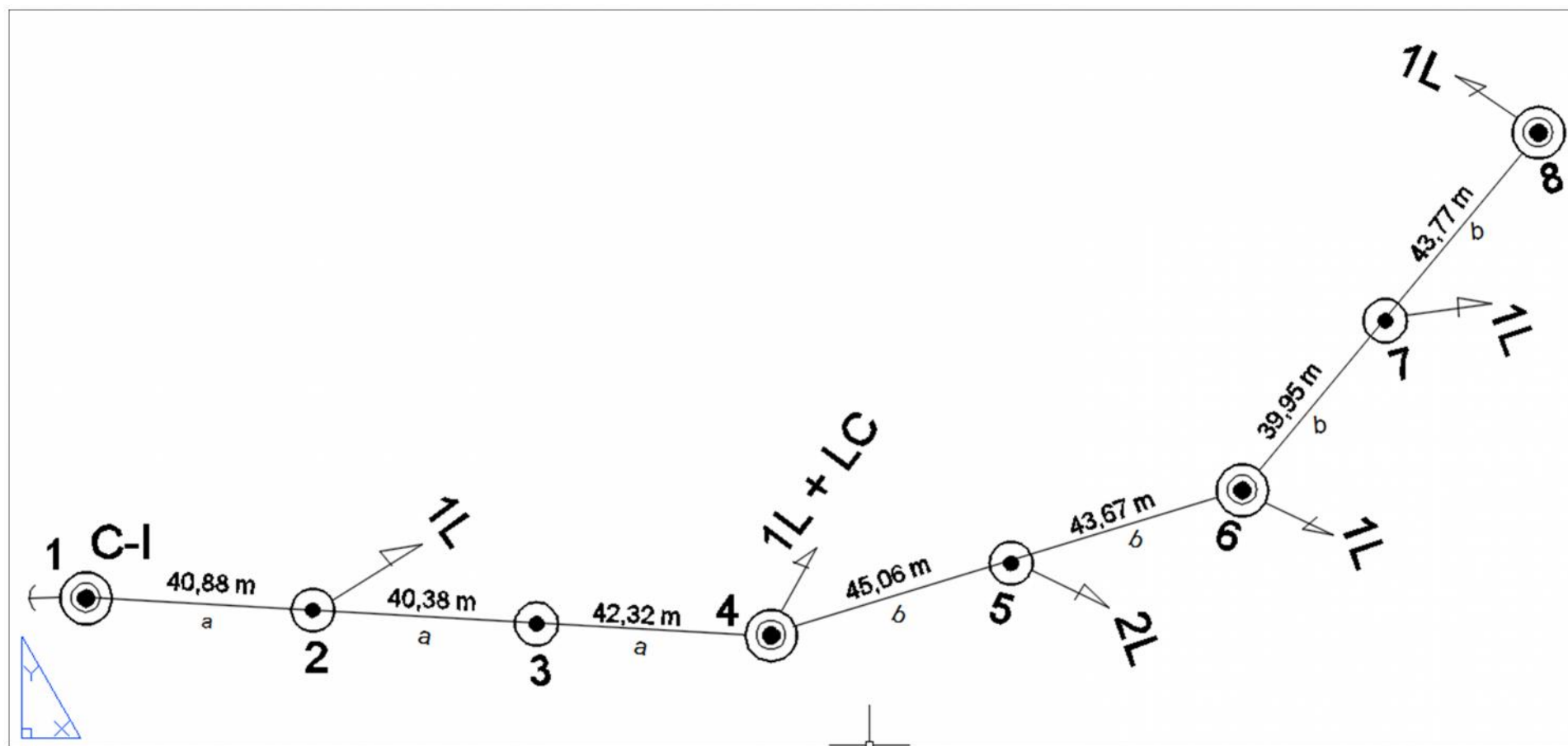


Figura N° 31: Diagrama de carga C-I⁵¹

⁵¹ Elaboración Propia

Tabla N° 17: Caída de tensión para el servicio particular c-I

Punto	Servicio Particular					Long. [m]	Tipo y Sección de Cond. [mm²]	F.C.T. [V/A-km]	Δ V S.P. [V]	Σ Δ/ Total [V]	% de Δ V
	N° Lotes	Local comunal	CORRIENTE [A]	POT. [W]	Σ I [A]						
1	0	1	0,0	0,0	2,5	15,0	1x16+N25	3,272	0,1	0,1	0,06%
2	1		0,3	75,1	2,5	40,9	1x16+N25	3,272	0,3	0,5	0,21%
3	0		0,0	0,0	2,2	40,4	1x16+N25	3,272	0,3	0,7	0,34%
4	1		0,4	98,1	2,2	42,3	1x16+N25	3,272	0,3	1,0	0,47%
5	2		0,7	150,1	1,7	45,1	1x16+N25	3,272	0,3	1,3	0,59%
6	1		0,3	75,1	1,0	43,7	1x16+N25	3,272	0,1	1,4	0,65%
7	1		0,3	75,1	0,7	40,0	1x16+N25	3,272	0,1	1,5	0,69%
8	1		0,3	75,1	0,3	43,8	1x16+N25	3,272	0,0	1,6	0,72%

0,72% < 7% ok

Fuente: elaboración propia

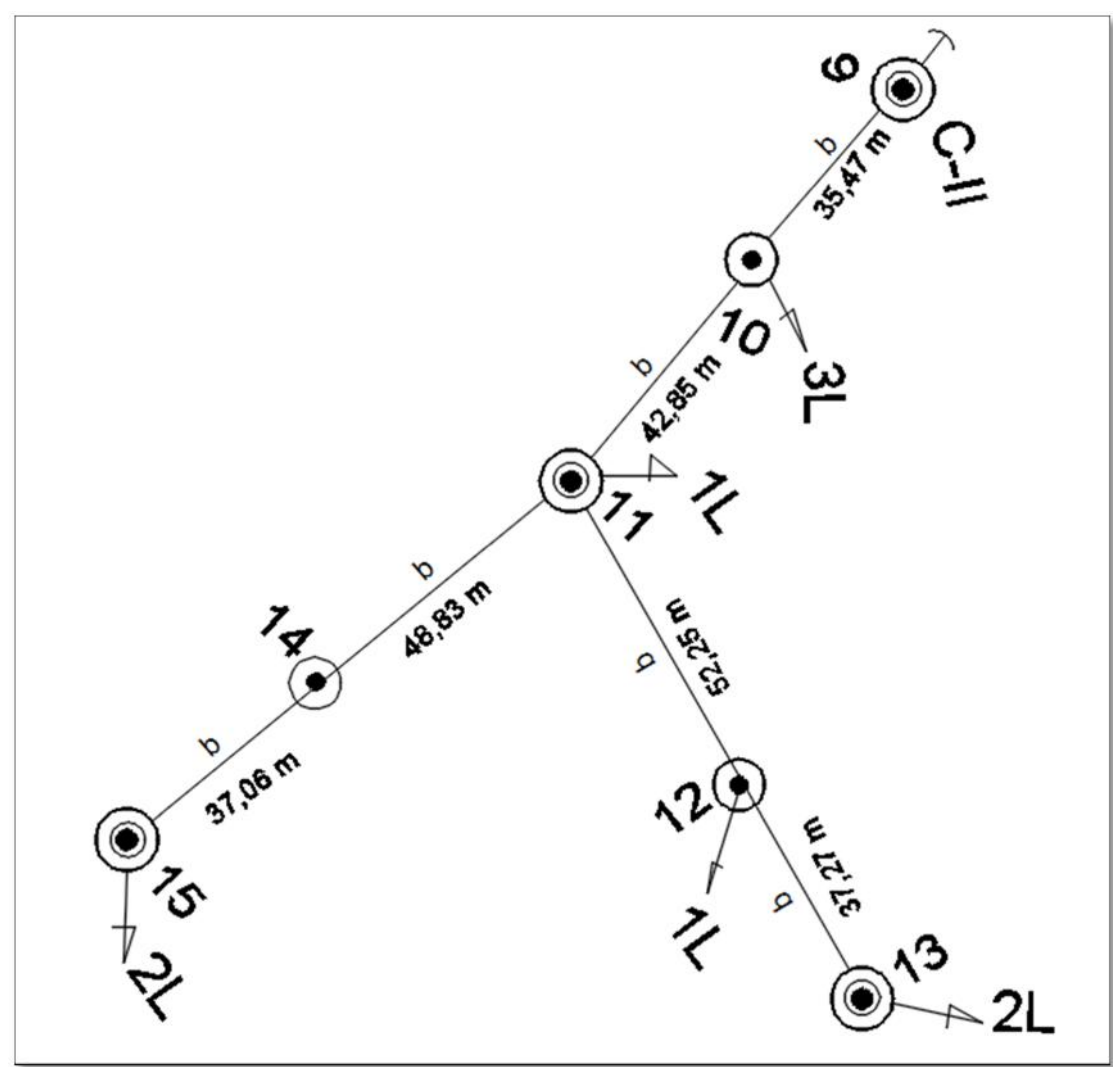


Figura N° 32: Diagrama de carga C-II⁵²

⁵² Elaboración Propia

Tabla N° 18: Caída de tensión C-II

Punto	Servicio Particular					Long. [m]	Tipo y Sección de Cond. [mm²]	F. C. T. [V/A-km]	ΔV S.P. [V]	$\Sigma \Delta V$ Total [V]	% de ΔV
	N° Lotes	Local comunal	CORRIENTE [A]	POT. [W]	ΣI [A]						
9	0		0,0	0,0	3,1	15,0	1x16+N25	3,272	0,2	0,2	0,07%
10	3		1,0	225,2	3,1	35,5	1x16+N25	3,272	0,4	0,5	0,23%
11	3		1,0	225,2	2,0	42,9	1x16+N25	3,272	0,3	0,8	0,36%
12	1		0,3	75,1	1,0	52,3	1x16+N25	3,272	0,2	1,0	0,44%
13	2		0,7	150,1	0,7	37,3	1x16+N25	3,272	0,1	1,1	0,48%
14	1		0,3	75,1	1,0	48,8	1x16+N25	3,272	0,2	1,0	0,44%
15	2		0,7	150,1	0,7	37,1	1x16+N25	3,272	0,1	1,0	0,47%

0,47% < 7% ok

Fuente: elaboración propia

Se observa de ambas tablas (tabla 17 y tabla 18) de caída de tensión que esta se encuentra por debajo del 7%

5.1.12.3. Distancias mínimas del conductor a superficie del terreno

- a) En lugares accesibles sólo a peatones: 5,0 m.
- b) En zonas no accesibles a vehículos a personas: 3,0 m.
- c) En lugares con circulación de maquinaria agrícola: 6,0 m.
- d) A lo largo de calles y caminos en zonas urbanas: 6,0 m.
- e) En cruce de calles, avenidas y vías férreas: 6,5 m.

5.1.13. Cálculos mecánicos de conductores autoportantes

Los cálculos mecánicos tienen la finalidad de determinar las tensiones y flechas en las diversas condiciones de operación. Las características mecánicas de los cables autoportantes se detallan en la tabla 28

5.1.13.1. Hipótesis de estado

La hipótesis de estado para los cálculos mecánicos del conductor se define sobre la base de los factores meteorológicos.

- a) Velocidad del Viento
- b) Temperatura

Tabla N° 19: Hipótesis para la ecuación de cambio de estado

HIPÓTESIS I : ESFUERZO MÁXIMO			Aplicación
Temperatura	10	°C	Máximo esfuerzo conductores
Velocidad del viento	70	km/h	Máximo: 60% de Esfuerzo de rotura final
Manguito de hielo	0	mm	
HIPÓTESIS II: ESTADO INICIAL			Aplicación
Temperatura	15	°C	18% de Esf. Rotura
Velocidad del viento	0	km/h	7% de Esf. Rotura
Manguito de hielo	0	mm	
HIPÓTESIS III: FLECHA MÁXIMA			Aplicación
Temperatura	40	°C	Máxima flecha por máxima
Velocidad del viento	0	km/h	Temperatura
Manguito de hielo	0	mm	Condición de Mínima flecha

Fuente: elaboración propia

5.1.13.2. Esfuerzos mecánicos en el conductor portante

- a) El esfuerzo del conductor portante de aleación de aluminio será en todos los casos, de 52,3 N/mm², aproximadamente 18 % del esfuerzo de rotura del conductor.
- b) El esfuerzo máximo del conductor no superará 176 N/mm².

- c) Cuando, debido a la presencia de hielo, los esfuerzos en el conductor portante sobrepasarán lo máximo establecido, consultor podrá adoptar un esfuerzo EDS menor a 52,3 N/mm².

Tabla N° 20: Características de los cables autoportantes⁵³

FORMACION	SECCION DEL CONDUCTOR PORTANTE (mm ²)	DIAMETRO EXTERIOR TOTAL(mm)	MASA TOTAL (kg/m)	MODULO DE ELASTICIDAD DEL PORTANTE (kN/mm ²)	COFICIENTE DE DILATACION TERMICA (1/°C)
2X16/25	25	16,5	0,187	60,82	21x10-6
1X16/25	25	16,5	0,125	60,82	21x10-6

Fuente: norma D.G.E. rd031-2003-EM

5.1.13.3. Cálculo de cambio de estado

Los cálculos de cambio de estado se han efectuado mediante la ecuación cúbica cuya expresión matemática es:

$$\sigma_i^2 \left[\sigma_F + E \alpha (t_f - t_i) + \frac{W_{ri}^2 * L^2 * E}{24 * A^2 * \sigma_i^2} - \sigma_i \right] = \frac{W_{rF}^2 * L^2 * E}{24 * A^2} \quad ..(14)$$

σ_i : Esfuerzo admisible en la hipótesis inicial (Kg/mm²)

σ_F : Esfuerzo admisible en la hipótesis final (Kg/mm²)

W_{ri} : Peso resultante en la hipótesis inicial (Kg/m)

W_{rF} : Peso resultante en la hipótesis final (Kg/m)

t_i : Temperatura en la hipótesis inicial (°C)

t_F : Temperatura en la hipótesis final (°C)

σ : Coeficiente de dilatación lineal ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

E : Módulo de elasticidad (Kg/mm^2)

A : Sección (mm^2)

L : Vano (m)

La carga Unitaria Resultante del Conductor.

$$W_r = \sqrt{W_c^2 + W_v^2} \dots(15) \quad \text{Donde:} \quad W_v = \frac{d * P_v}{1000} \dots(16)$$

Pv: Presión del viento (Kg/m^2)

d: Diámetro del conductor (mm)

Wc: Peso propio del conductor (Kg/m)

Flecha del Conductor.

$$f = \frac{W_r * L^2}{8A\sigma} \dots(17)$$

Wr : Peso resultante del conductor (Kg/m).

L: Vano (m).

A: Sección del conductor (mm^2).

σ :Esfuerzo en la hipótesis considerada (Kg/mm^2).

Vano Básico: El tensado de conductores; comprendidos entre dos estructuras de anclaje debe tener el mismo esfuerzo a lo largo de todo el tendido de la línea.

$$V_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n L_i^3}{\sum_{i=1}^n L_i}} \dots(18)$$

Donde: Vb es el vano básico y Li: son los vanos entre dos postes de anclaje

$$V_m = \sqrt{\frac{35,47^3 + 42,85^3 + 52,52^3 + 37,27^3}{35,47 + 42,85 + 52,52 + 37,27}} = 43,63 \text{ m}$$

Consideraremos un vano básico de 45 m

A continuación, calcularemos la altura de los postes de C.A.C.

De la altura de postes.

La altura de postes queda definida de la siguiente manera:

Distancia del vértice del poste al inicio del perno gancho = 0,30 m.

Flecha máxima del conductor = 0,85 m.

La altura mínima del conductor al suelo. = 5,50 m.

La altura de empotramiento para postes de C.A.C. en terrenos normales

(Norma DGE 015-pd-1). = 0,10H + 0,60 m.

$$H = 0,30 + 0,05 + 0,43 + 5,50 + (0,10 \cdot H + 0,60)$$

$$\mathbf{H = 7,64 \text{ m}}$$

De acuerdo a esto un poste de 8 m. cumple perfectamente con los requisitos pedidos.

En cuanto a los soportes para el conductor aéreo, se utilizarán los soportes normalizados que se detallan en la norma D.G.E. rd023-2003-EM. (Especificaciones técnicas de soportes normalizados para líneas y redes secundarias en electrificación rural).

Tabla N° 21: Calculo mecánico del conductor eléctrico

Vano (m)		45
HIP. I	† (Kg/mm ²)	8,04
	f (m)	0,53
HIP. II	† (Kg/mm ²)	5,44
	f (m)	0,23
HIP. III	† (Kg/mm ²)	2,92
	f (m)	0,43

Fuente: elaboración propia

De la tabla 21, observamos que para el vano básico de 45m el valor del esfuerzo máximo es de 8,04 kg/mm², que está muy por debajo del esfuerzo según el ítem 5.1.13.2 (17,60 kg/mm²)

Por lo tanto, el conductor eléctrico 1x16/25 cumple con los requerimientos mecánicos y eléctricos.

5.1.14. Metrado y presupuesto

5.1.15. Metrado y presupuesto del sistema fotovoltaico

Tabla N° 22: valor referencial del sistema fotovoltaico

"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMUNISTRARA ENERGIA ELECTRICA AL CASERIO SUCCHA- BAMBAMARCA - HUALGAYOC - CAJAMARCA."		
RESUMEN GENERAL SISTEMA FOTOVOLTAICO		
ITEM		TOTAL
A	SUMINISTROS DE MATERIALES	55 785,55
B	MONTAJE ELECTROMECHANICO	2 789,28
C	TRANSPORTE DE MATERIALES	3 904,99
F	TOTAL COSTO DIRECTO (C.D.) (S/.)	62 479,82

fuentes: elaboración propia

Tabla N° 23: valor referencial para el suministro de materiales para el sistema fotovoltaico

ítem	Descripción	Und.	Cant.	Costo unitario S/	Sub-Total S/
01	Módulo de paneles fotovoltaicos	Unid.			
	Panel solar 72 celdas 300Wp YL300P-35b,	Unid.	12	1 646,11	19 753,32
02	Sistema Controlador	Unid.			
	Controlador Blue Solar MPPT 150 I 70 Tr	Unid.	1	1 771,00	1 771,00
03	Sistema de almacenamiento	Unid.			
	Batería Plomo ácido 12V 503 Ah ROLLS 12 CS 11PS	Unid.	8	3 240,00	25 920,00
04	Inversor de Corriente	Unid.			
	Inversor PVS300-TL-3300W-2	Unid.	1	3 540,23	3 540,23
05	Estructura del SFV	GLB.			
	Estructura Metálica de soporte	Glb.	1	3 000,00	3 000,00
06	Equipamiento Adicional	GLB.			
	Accesorios del SFV	Glb	1	1 800,00	1 800,00
TOTAL					55 784,55

fuentes: elaboración propia

5.1.16. Metrado y presupuesto de la red de distribución secundaria

Tabla N° 24: Valor referencial de la red de distribución eléctrica secundaria

"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRARA ENERGIA ELECTRICA AL CASERIO SUCCHA- BAMBAMARCA - HUALGAYOC - CAJAMARCA."		
RESUMEN GENERAL DE REDES SECUNDARIAS		
ITEM	DESCRIPCION	TOTAL
A	SUMINISTROS DE MATERIALES	19 792,18
B	MONTAJE ELECTROMECHANICO	8 013,63
C	TRANSPORTE DE MATERIALES	1 979,22
F	TOTAL COSTO DIRECTO (C.D.) (S/.)	29 785,03

fuelle: elaboración propia

Tabla N° 25: suministro de materiales para la red de distribución secundaria

SUMINISTRO DE MATERIALES PARA REDES SECUNDARIAS					
"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGIA ELECTRICA AL CASERIO SUCCHA- BAMBAMARCA - HUALGAYOC - CAJAMARCA."					
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	METRADO UNID.	Metrado Total Cantidad	Costo Unitario S/.	TOTAL S/.
1,00	POSTES DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO				
1,01	POSTE DE CAC 8m/300 daN (INCLUYE PERILLA)		7,00	645,75	4 520,25
1,02	POSTE DE CAC 8m/200 daN (INCLUYE PERILLA)	u	8,00	410,00	3 280,00
	SUB-TOTAL 1:				7 800,25
2,00	CABLES Y CONDUCTORES DE ALUMINIO				
2,02	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 1X16/25	Km	0,50	4000,00	1 985,19
2,05	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 2X25/25	Km	0,16	6000,00	980,68
	SUB-TOTAL 2:				2 965,87
3,00	ACCESORIOS DE CABLES AUTOPORTANTES				
3,01	GRAPA DE SUSPENSIÓN ANGULAR PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 A 35 mm²	u	9,00	13,00	117,00
3,02	GRAPA DE ANCLAJE PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 A 35 mm²	u	8,00	15,00	120,00
3,03	CONECTOR BIMETÁLICO , PARA Al 25mm²/Cu 4-10 mm², PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	u		5,57	
3,04	CONECTOR BIMETÁLICO AISLADO, PARA Al 35mm²/Cu 4-10 mm², PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓN	u		10,50	
3,05	CONECTOR, PARA Al 25mm², PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	u	2,00	6,70	13,40
3,06	CONECTOR AISLADO, PARA Al 35mm², PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓN	u		10,50	
3,07	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	u	62,00	0,35	21,70
3,08	CINTA AUTOFUNDANTE PARA EXTREMO DE CABLE	u	12,00	3,05	36,60
3,09	CINTA AISLANTE	rlf	30,00	3,60	108,00
	SUB-TOTAL 3:				416,70
4,00	CABLES Y CONDUCTORES DE COBRE				
4,04	CONDUCTOR DE Cu RECOCIDO, TIPO N2XY, BIPOLAR, 2x10 mm², CUBIERTA NEGRA	m		11,76	
4,07	CONDUCTOR DE COBRE CONCENTRICO, 2 x 4 mm², CON AISLAMIENTO Y CUBIERTA DE PVC	m	345,00	4,90	1 690,50
4,08	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO, DESNUDO DE 16 mm²	m	36,00	6,60	237,60
	SUB-TOTAL 4:				1 928,10
5,00	LUMINARIAS, LAMPARAS Y ACCESORIOS				
5,01	PASTORAL TUBO A°G° 38 mm f, INT.; 500mm AVANCE HORIZ.; 720 mm ALTURA, Y 20° INCLINACION, PROVISTO DE 2 ABRAZADERAS DOBLES PARA POSTE DE CAC	u	2,00	90,00	180,00
5,02	LUMINARIA COMPLETA CON EQUIPO PARA LAMPARA DE 50 W	u	2,00	196,00	392,00
5,03	LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION DE 50 W	u	2,00	35,00	70,00
5,04	PORTA FUSIBLE UNIPOLAR 220V, 5A, PROVISTO CON FUSIBLE DE 1A	u	2,00	25,00	50,00
5,05	CONECTOR BIMETÁLICO FORRADO PARA Al 35 mm² /Cu 4-10 mm², PARA FASE AISLADA TIPO PERFORACIÓN	u	2,00	10,50	21,00
5,06	CONECTOR BIMETÁLICO PARA Al 25 mm² /Cu 4-10 mm², PARA NEUTRO DESNUDO TIPO CUÑA	u	2,00	5,92	11,84
	SUB-TOTAL 5:				724,84
6,00	RETENIDAS Y ANCLAJES				
6,01	CABLE DE ACERO GRADO SIEMENS MARTIN, DE 10 mm Ø, 7 HILOS	m	80,00	4,20	336,00
6,02	PERNO ANGULAR CON OJAL-GUARDACABO DE A°G°, 16 mm Ø x 203 mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	u	48,00	9,50	456,00
6,04	VARILLA DE ANCLAJE DE A° G° DE 16 mm Ø x 2.40 m, PROV. DE OJAL GUARD. EN UN EXTREMO; TCA Y CTCA EN EL OTRO	u	8,00	35,00	280,00
6,05	ARANDELA DE ANCLAJE, DE A° G°, 102 x 102 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mmØ	u	8,00	5,00	40,00
6,06	MORDAZA PREFORMADA DE A° G° PARA CABLE DE 10 mm Ø	u	16,00	9,00	144,00
6,07	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A° G°, 57 x 57 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mmØ	u	16,00	2,00	32,00
6,08	SOPORTE DE CONTRAPUNTA DE 51 mmØx1000mm DE LONG. CON ABRAZADERA PARTIDA EN UN EXTREMO	u		70,00	
6,09	ALAMBRE DE ACERO N° 12; PARA ENTORCHADO	m	24,00	1,00	24,00
6,10	BLOQUE DE CONCRETO DE 0,40 x 0,40 x 0,15 m	u	8,00	28,00	224,00
6,11	CONECTOR BIMETÁLICO FORRADO PARA Al 25 mm² Y COBRE DE 16mm², TIPO CUÑA	u	8,00	6,70	53,60
6,12	CONECTOR DOBLE VIA BIMETÁLICO PARA CABLE DE ACERO DE 10mmØ Y COBRE DE 16 mm²	u	8,00	5,92	47,36
	SUB-TOTAL 6:				1 636,96
7,00	ACCESORIOS DE FERRETERIA PARA ESTRUCTURAS				
7,01	PERNO CON GANCHO DE 16mm Ø, PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		9,80	
7,02	PERNO CON GANCHO DE 16mm Ø, PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	9,00	10,80	97,20
7,03	PERNO DE A°G° DE 13mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		7,70	
7,04	PERNO DE A°G° DE 13mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	15,00	8,20	123,00
7,05	PERNO CON OJAL, DE A°G° DE 16mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		9,30	
7,06	PERNO CON OJAL, DE A°G° DE 16mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	8,00	11,20	89,60
7,07	TUERCA-OJAL DE A°G° PARA PERNO DE 16 mmØ	u	1,00	8,30	8,30
7,08	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm PROVISTO DE HEBILLA, 40 cm LONGITUD	u		6,58	
7,09	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57x57 mm, AGUJERO DE 18mmØ	u	23,00	2,00	46,00
7,11	CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS, SISTEMA 220 V (10 BORNERAS EN CADA BARRA DE Cu)	u		185,00	
7,12	PORTALINEA UNIPOLAR DE A°G°, PROVISTO DE PIN DE 10 mm Ø	u	30,00	4,28	128,40
	SUB-TOTAL 7:				492,50
8,00	PUESTA A TIERRA				
8,01	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE DE 16 mm Ø x 2,40 m	u	4,00	43,00	172,00
	CONECTOR BIMETÁLICO PARA Al 25 mm² Y COBRE DE 16mm², TIPO CUÑA	u	4,00	7,20	28,80
8,02	CONECTOR DE BRONCE PARA ELECTRODO DE 16 mm Ø Y CONDUCTOR DE COBRE 16 mm²	u	4,00	6,50	26,00
	SUB-TOTAL 8:				226,80
9,00	CONEXIONES DOMICILIARIAS				
9,01	TUBO DE A°G° STANDARD / REDONDO DE 19mm x 1,5mm x 2,5m, PROVISTO DE CODO	u	16,00	33,49	535,84
9,06	ARMELLA TIRAFONDO DE 10mm f x 64mm DE LONGITUD	u	16,00	1,20	19,20
9,07	TARUGO DE CEDRO DE 13 mm x50 mm	u	16,00	0,66	10,56
9,08	ALAMBRE GALVANIZADO N° 12 AWG	m	64,00	1,00	64,00
9,09	CONECTOR BIMETÁLICO AISLADO, PARA Al 25 mm²/Cu 4-10 mm², PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓN	u	16,00	10,50	168,00
9,10	CONECTOR BIMETÁLICO, PARA Al 25 mm²/Cu 4-10 mm², PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	u	16,00	4,30	68,80
9,11	TEMPERADOR DE A°G°	u	32,00	2,10	67,20
9,12	CAJA METÁLICA PORTAMEDIDOR, EQUIPADO CON INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 10A	u	16,00	76,66	1 226,56
9,13	MEDIDOR MONOF. DE ENERGIA ACTIVA, TIPO ELECTRONICO CON MICRO PROCESADOR DE 220 V; 10-40 A; 60 Hz; CLASE 1.	u	16,00	90,00	1 440,00
	SUB-TOTAL 9:				3 600,16
TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES				S/.	19 792,18

fuelle: elaboración propia

Tabla N° 26: Valor referencial para el montaje de las redes secundarias

MONTAJE ELECTROMECHANICO PARA REDES SECUNDARIAS					
"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGIA ELECTRICA AL CASERIO SUCCHA-BAMBAMARCA - HUALGAYOC - CAJAMARCA."					
B: MONTAJE ELECTROMECHANICO					
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	METRADO UNID.	METRADO TOTAL CANT.	PRECIO UNIT. S/.	TOTAL S/.
1.00	MONTAJE DE CONDUCTORES AUTOPORTANTES				
	COMPRENDE TENDIDO Y PUESTA EN FLECHA DE :				
1.01	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 3X16+16/25 mm2	km	0,0		0,00
1.02	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 2X16/25 mm2	km	0,5	606,89	301,20
1.03	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 1X16/25 mm2	km	0,2	510,25	83,40
	SUB-TOTAL 1:				384,60
2.00	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA				
2.01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y/o conglomerado)	m ³	6,2	31,62	194,78
2.02	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso)	m ³	0,0	112,44	0,00
2.03	INSTALACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 EN POSTE DE CONCRETO	u ₃	4,0	18,19	72,76
2.04	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE PUESTA A TIERRA	m	8,0	45,57	365,02
	SUB-TOTAL 2:				632,56
3.00	PASTORALES, LUMINARIAS Y LAMPARAS				
3.01	INSTALACIÓN DE PASTORAL DE A° G°	u	2,0	19,63	39,26
3.02	INSTALACIÓN DE LUMINARIA Y LÁMPARA	u	2,0	34,58	69,16
	SUB-TOTAL 3:				108,42
4.00	CONEXIONES DOMICILIARIAS				
	INSTALACIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA, QUE COMPRENDE : CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIAS, MONTAJE DE MEDIDOR Y CONTRASTE DEL MEDIDOR.				
4.01	CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA CONFIGURACIÓN CORTA (SIN MED)	u	9,0	35,26	317,34
4.02	CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA CONFIGURACIÓN LARGA (SIN MED)	u	7,0	42,67	298,69
4.03	INSTALACION DE MEDIDOR DE ENERGIA ACTIVA ELECTRONICO	u	16,0	11,09	177,44
4.04	CONTRASTE DE MEDIDOR MONOFÁSICO DE ENERGÍA ACTIVA - ELECTRÓNICO	u	16,0	20,00	320,00
	SUB-TOTAL 4:				1 113,47
5.00	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO:				
5.01	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	loc	1,0	452,97	452,97
	SUB-TOTAL 5:				452,97
TOTAL MONTAJE ELECTROMECÁNICO				S/.	8 013,63

fuelle: elaboración propia

5.1.1. Presupuesto para la electrificación con paneles solares

Tabla N° 27: Presupuesto para el sistema de generación y distribución de energía eléctrica

"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRARA ENERGIA ELECTRICA AL CASERIO SUCCHA- BAMBAMARCA - HUALGAYOC - CAJAMARCA."		
ITEM	DESCRIPCION	TOTAL
A	PRESUPUESTO DE LA RED DE DISTRIBUCION	29 785,03
B	PRESUPUESTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	62 479,82
	TOTAL S/.	92 264,84
G H	GASTOS GENERALES UTILIDADES	4 613,24 4 613,24
I	COSTO TOTAL SIN I.G.V. (S/.)	101 491,32
J	I.G.V. (S/.)	19 283,35
	COSTO TOTAL INLUIDO I.G.V. (S/.)	120 774,67

fuentes: elaboración propia

5.1. Dimensionamiento del sistema de bombeo de agua utilizando paneles solares

5.1.1. Calculo de la energía hidráulica necesaria

Tabla N° 28: Demanda de agua para personas y animales

Agua para los animales			
Ganado	Núm.	L / día	Total L/día
Ganado vacuno	48	50	2400,0
Ganado lanar	25	5	125,0
cabras	38	5	190,0
aves de corral	80	0,1	8,0
caballos y asnos	23	40	920,0
Agua para consumo humano			
N° Personas	Núm.	L / día	Total L/día
personas	50	40	2000,0
Consumo de referencia			5643,0

Fuente: elaboración propia

5.1.2. Carga dinámica total

Para el sistema de bombeo se consideran los siguientes datos:

Nivel estático del agua: 30,0 m

Abatimiento: 1,5 m

Altura de la descarga: 3,0 m

Distancia al depósito: 3,0 m

Requerimiento diario: 5 643,0 L/día

La carga estática (CE) se calcula con la adición de las distancias

CE = Nivel estático + Abatimiento + Altura de la descarga...(19)

CE = 30,0 m + 1,5 m + 3,0 m = 34,50 m

La carga dinámica (CD) se puede obtener por omisión⁵⁴

10 % de la longitud total de tubería, entonces tenemos que es: $CD = 0,1 \times$

$$L = 0,1 \times (35 \text{ m} + 1,5 \text{ m} + 3,0 \text{ m} + 3,0 \text{ m})$$

$$= 0,1 \times 42,5 \text{ m} = 4,25 \text{ m}$$

Entonces,

$$CDT = CE + CD = 34,50 \text{ m} + 4,25 \text{ m} = 38,75 \text{ m}$$

5.1.3. Requerimiento del equipo de bombeo de agua

Del requerimiento diario de agua tenemos 5 643 L/día ahora considerando que toda esa agua va a ser bombeado en las horas de insolación es decir 4,56 h entonces tenemos un caudal de:

$$Q(\text{L/h}) = 5\,643 / 4,56 = 1\,237,5 \text{ L/h}$$

$$Q(\text{m}^3/\text{h}) = 1,24 \text{ m}^3/\text{h}$$

De lo anterior resulta el siguiente requerimiento del equipo de bombeo necesario para la instalación: $Q(\text{m}^3/\text{h}) = 1,24 \text{ m}^3/\text{h}$ CDT= 38,75 m

A partir de los Sumergible Lorentz seleccionamos PS2-600 HR-10 (ANEXO 09)

⁵⁴ Paredes Rubio, Arturo Romero. «Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica.» Mexico, 2001.



Figura N° 33: Bomba sumergible PS2- 600 HR-10⁵⁵

Solar Submersible Pump System for 4" wells

Pump Chart

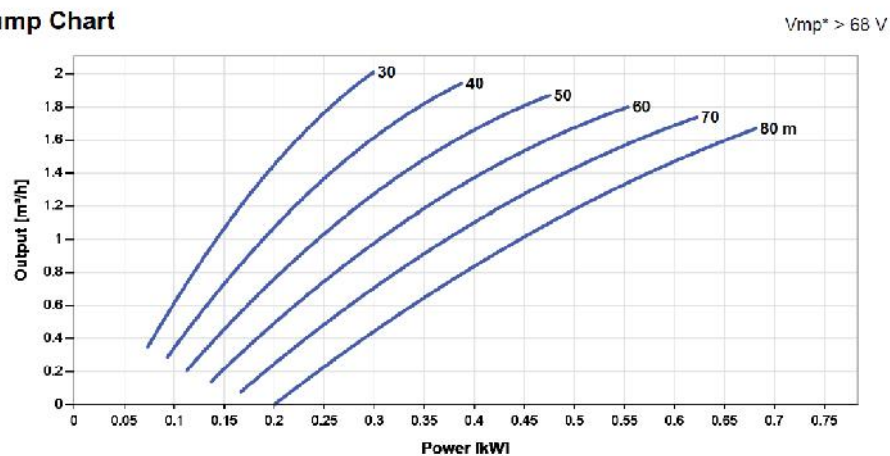


Figura N° 34: Curva característica de la bomba sumergible propuesta⁵⁶

⁵⁵ ANEXO 09

⁵⁶ ANEXO 09

5.1.4. Cálculo del sistema fotovoltaico

Cálculo del Consumo Total de “Energía eléctrica total diaria”⁵⁷

El consumo energético (en Wh) de una bomba de agua, se puede obtener en función de su rendimiento global (η), del caudal suministrado (Q) y de la altura o presión de descarga (H), mediante la siguiente expresión:

$$Wh = \frac{Vol * H}{367\eta} \dots(20)$$

Vol : Volumen en litros (L): 5 643 L

Altura de impulsión (H): 38,75 m

Rendimiento de la bomba en este punto de funcionamiento (η): 0,23

Con estos valores, y sustituyéndolos en la expresión anterior, se obtiene un consumo energético de: 2 590,53 Wh/día

Para determinar la energía en el generador fotovoltaico y la potencia, hay que considerar las pérdidas ocasionadas en el controlador, pérdidas de potencia por efecto joule en los conductores, no trabajar en el punto de máxima potencia de los módulos fotovoltaicos, etc. Para facilitar el cálculo de la potencia del generador estas pérdidas se agrupan en un coeficiente que recoge el rendimiento energético de la instalación; para el caso de sistemas con regulador, inversor, batería de acumuladores se considera: 0,7 ⁵⁸

$$E_e = E / (0,7) \dots(21)$$

⁵⁷ <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn193.html>

⁵⁸ (Agustin Castejon s.f.)

$$E_e = 2\,590,53 / (0,70) \text{ Wh/día}$$

$$E_e = 3,7 \text{ kWh/día}$$

$$P = 0,8 \text{ kW}$$

5.1.4.1. Elección del tipo y número de módulos fotovoltaicos

Consideramos trabajar con paneles YINGLI SOLAR de 260 Wp

Calculamos el número de paneles solares con la ecuación (5)

$$N_M = \frac{E_e}{H \cdot p} \quad (N_M) = \frac{3,7}{0,70 \cdot 260} = 2,1$$

Al reemplazar los datos anteriores y la potencia del panel obtenemos

$$N_M = 2,1 \rightarrow 4$$

Luego considerando una tensión de trabajo del sistema de corriente directa, podemos calcular el número de paneles en serie.

$$N_{Sm} = V_{d\text{ti}} / V_m = 4 / 1 = 2 \text{ p e s}$$

El número de ramas en paralelo de paneles se calculará con la siguiente ecuación:

$$N_{Pm} = N_M / N_{Sm} = 4 / 2 = 2$$

5.1.4.2. Selección de los conductores eléctricos

El cableado eléctrico que forma parte de la instalación objeto de este tutorial se compone de dos tramos principales:

Tramo 1: desde la caja de conexión de los módulos solares hasta el regulador de carga.

Tramo 2: que comprende desde la salida del regulador hasta la conexión a los bornes del motor eléctrico de la bomba sumergible.

En ambos casos, todos los tramos serán en corriente continua/directa (DC) y se compondrán de dos conductores activos, uno positivo y otro negativo, que serán de igual sección a lo que resulte del cálculo que se desarrollará a continuación, más el cable de protección. La sección se elige en función de la longitud de los cables y de la corriente que circula por ellos con el fin de minimizar las caídas de tensión.

Cálculo de la Intensidad máxima que debe soportar el tramo campo fotovoltaico – controlador de la ecuación (9)

$$I_{M\ m} = 1,25 \times I_{Ct} \times N_{r\ e\ p\ .\ x\ r}$$

Haciendo uso de la ecuación tenemos:

$$I_{M\ m} = 1,25 \times 9,0 = 11,25\ A$$

Cálculo de la intensidad máxima que debe soportar el tramo controlador – bomba sumergible

$$I_{M\ i} = 1,25 \times P_c / (V_{t\ d\ t} \times \eta_{ti}) \quad ..(22)$$

Haciendo uso de la ecuación tenemos:

$$I_{M\ i} = 1,2 / (4) = 0,3\ A$$

Ahora consideraremos las caídas de tensión máximas en cada tramo:

- d) Para el tramo generador fotovoltaico- controlador se recomienda una caída de tensión entre 1% a 3% , en este caso se ha considerado el 3% y como la tensión de trabajo es 48 V, entonces la caída máximo de tensión es de 1,44 V
- e) Para el tramo controlador – bomba sumergible se recomienda una caída de tensión máxima de 1% y como la tensión de trabajo es 48 V, entonces la caída máximo de tensión es de 0,48 V

Tabla N° 29: Calculo de la sección de los conductores eléctricos en cada tramo

Generador fotovoltaico -Controlador	$S_C = 2 \times L \times I / (56 \times V)$ $S_C = 2 \times 5 \times 22,73 / (56 \times 0,48)$ $S_C = 8,46 \text{ m}^2$
Controlador-Bomba sumergible	$: S_C = 2 \times L \times I_M / (56 \times V)$ $S_C = 2 \times 38 \times (14,79) / (56 \times 1,44)$ $S_C = 13,94 \text{ m}^2$

Fuente. Elaboración propia

Del catálogo de conductores eléctricos ANEXO 05
seleccionamos 16 m² NYY

5.1.5. Presupuesto referencial del sistema fotovoltaico para bombeo de agua

Tabla 2: Presupuesto del suministro de materiales

Ítem	Equipamiento	Cantidad	Costo unitario S/	Sub-Total S/.
	SUMINISTRO DE MATERIALES			
01	Paneles Fotovoltaicos			
	<i>Paneles solares YINGLI SOLAR de 260 Wp</i>	<i>4</i>	<i>1043,00</i>	<i>4 172,00</i>
02	Sistema de BOMBEO			
	<i>Bomba sumergible Lorentz PS2-600 HR-14 + controlador</i>	<i>1</i>	<i>11 837,00</i>	<i>11 837,00</i>
03	Accesorios	<i>Glg</i>	<i>800,00</i>	<i>800,00</i>
05	Estructura para paneles	<i>Glb</i>	<i>1 500,00</i>	<i>1 500,00</i>
Total, S/				18 309,00

Fuente: elaboración propia

Tabla 3: Costo total del sistema fotovoltaico para bombeo de agua

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	TOTAL, S/
1	Suministro de materiales	18 309,00
2	Transporte de materiales	1 098,54
3	Montaje electromecánico	1 830,90
4	Coto directo	21 238,44
5	Gastos generales	2123,44
6	Sub-Total	23 361,88
7	IGV	4205,14
COSTO TOTAL S/		27 567,02

Fuente: elaboración propia

5.2. Presupuesto referencial de la propuesta planteada

Tabla N° 30: Costo referencial de la propuesta

Descripción	Presupuesto (S/.)
Electrificación con paneles solares	120 774,67
Bombeo de agua con paneles solares	27 567,02
TOTAL	148 341,69

Fuente. Elaboración propia

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

6.1. Conclusiones

- a) Se determinó que el consumo de energía diaria total de las 23 viviendas proyectada es de 9 504 Wh/día y una potencia de 2,06 kW teniendo en cuenta un periodo de tiempo de utilización de cada equipo instalado en cada vivienda.
- b) Los datos de radiación solar promedio mensual obtenidos de la página de la NASA (4,61 kWh/m²/día), del atlas del SENAMHI (4,75 kWh/m²/día) y del Software NASTEC (4,56 kWh/m²/día) , Se considero el valor de 4,56 kWh/m²/día. De los cálculos resultaron necesarios los siguientes equipos por 12 paneles fotovoltaicos de 300 Wp de potencia cada uno, 8 baterías de acumuladores, 1 reguladores de carga y 1 inversor. Dando una potencia instalada del sistema de captación de energía de 3,6 kWp. En el ANEXO 06, se muestra el equipamiento de la instalación fotovoltaica en un plano. En cuanto a la red de distribución eléctrica se usara cable autoportante de formación 2x16/25 para los vanos con alumbrado y 1x16/25 para vanos sin alumbrado, con postes de CAC de 8m.
- c) Para el sistema de bombeo de agua se selección la bomba sumergible Lorentz PS2-600 HR-14, el cual será suministrado de energía eléctrica por medio de 04 paneles solares de 260 Wp.
- d) El presupuesto referencial para la propuesta es de: S/. 148 341,69

BIBLIOGRAFÍA

Canales Ciudad, Carlos. «Guia solar fotovoltaica 2012.» .

Castejon, Agustin. *Instalaciones solares fotovoltaicas*. España, 1998.

Cerdan Cabrera, Ana Maria. «Diseño de un sistema solar eolico para consumo de agua en cabañas ecoturísticas en la Pitaya Veracruz Mexico.» Veracruz, 2011.

Diaz Corcobado, Tomas. *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Mexico, 2008.

FOTOVOLTAICA, ENERGIA. «manual sobre tecnologías, proyecto e instalacao .» s.f.

Henriquez Prevoo, Christian paul. «Regulador de panel solar - bateria - cargacon microcontrolador PIC.» Piura, 2003.

Hernandez Quijaite, Luis Eugenio. «Bombeo de agua con energia solar en el departamento de Ica.» Ica, s.f.

Ixtebe Portabelle, Cilveti. «Proceso de creacion de una planta solar fotovoltaica conectada a red.» Barcelona, 2010.

Joachin Barrios, Carmencita De los Angeles. «Diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado para el suministro de energia electrica ala comunidad Buena Vista, San Marcos.» Guatemala, 2008.

Llauce Chozo , Anthony Joel. «Implementación de sistema fotovoltaico para reducir el consumo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica en el restaurant el Cruceño, ubicado en el km 901, carretera Lambayeque – Piura».» Lambayeque, 2016.

Maldonado Rodas, Eddi Alberth. «Paneles solares como fuente de energía eléctrica para sistemas de mini riego en producción de hortalizas en el departamento de quiché.» 2011.

Moran Santamaria, Jorge Maximo. «Análisis y Evaluación para la Viabilidad Técnico Económico en el uso de la Energía Solar Fotovoltaica para el Centro Poblado Cruz de Pañalá – Distrito de Mórrope.» Lambayeque, 2013.

Muñoz Anticona, Delfor Flavio. «Aplicacion de la energia solar para electrificacion rural en zonas marginales del pais.» Lima, 2005.

Natanael Elenes, Felix. «Análisis de factibilidad de un sistema de bombeo de agua con energía solar como propuesta de adaptación para riego en rayón, Sonora.» 2012.

SENAMHI. «Atlas de energia solar del Peru.» 2003.

Valdiviezo Salas, Paulo Daniel. «Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energia electrica a 15 computadoras portatiles en la PUCP.» Lima, 2014.

Velazquez Cespedes, Roberto Andres. «Proyecto de instalacion solar fotovoltaica en el departamento de Ingenieria Electrica de la Uniersidad Santiago de Chile.» tesis, Uniersidad de Santiago de Chile, Santiago-Chile, 2012.

ANEXOS

ANEXO N°01. FICHA TÉCNICA DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

ANEXO N°02. FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA

ANEXO N°03. FICHA TÉCNICA DEL REGULADOR

ANEXO N°04. FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR

ANEXO N°05. CATALOGO DE CABLES NYY DUPLEX

ANEXO N°06. EQUIPAMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICO

ANEXO N° 07. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN

ANEXO N° 08. METRADO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

ANEXO N° 09. CATALOGO DE LA BOMBA LORENTZ PS- 600 HR-10

ANEXO N° 10. PANELES SOLARES YINGLI DE 260 Wp

ANEXO N° 11. PANEL FOTOGRAFICO

YGE-U 72 CELL SERIES

YL305P-35b
YL300P-35b
YL295P-35b
YL290P-35b
YL285P-35b



U.S. Soccer Powered by Yingli Solar

INTRODUCING the YGE-U 72 Cell Series.

Designed specifically for utility-scale projects and certified by UL for system voltages up to 1000V.



PERFORMANCE

- ▶ 1000V maximum system voltage improves PV system energy yield by reducing resistive line losses

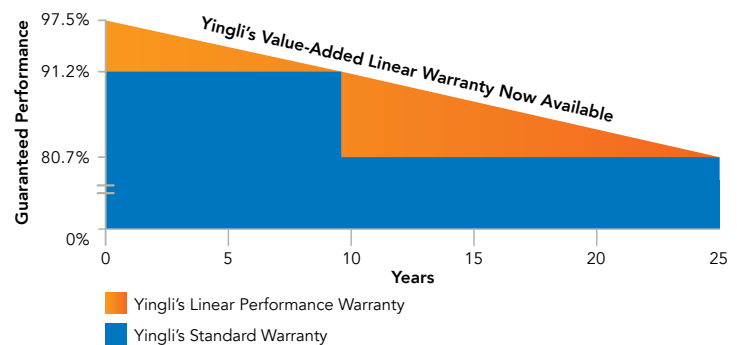
SAVINGS

- ▶ Larger string sizes lower balance-of-system costs by decreasing the required number of wire runs and combiner boxes

SAFETY

- ▶ UL certification conveys confidence in product safety to authorities having jurisdiction throughout the US and Canada

WARRANTIES



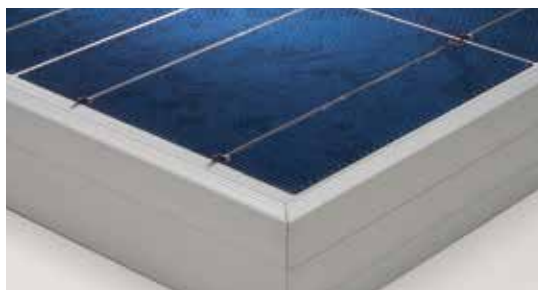
10-year Limited Product Warranty also applies.*

* In compliance with our warranty terms and conditions.

PREFERRED PARTNER



The YGE-U 72 Cell Series is fully compatible with single-axis solar tracking systems manufactured by Array Technologies, which can boost system performance by up to 25% depending on site location.



QUALIFICATIONS & CERTIFICATES

UL 1703 and ULC 1703, UL Fire Safety Class C, CEC, FSEC, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, SA8000



YGE-U72 CELL SERIES

Powered by **YINGLI**

ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)

Module type			YL305P-35b	YL300P-35b	YL295P-35b	YL290P-35b	YL285P-35b
Power output	P_{max}	W	305	300	295	290	285
Power output tolerances	ΔP_{max}	W	-0/+5				
Module efficiency	η_m	%	15.6	15.4	15.1	14.9	14.6
Voltage at P_{max}	V_{mpp}	V	37.0	36.7	36.3	35.8	35.5
Current at P_{max}	I_{mpp}	A	8.25	8.17	8.12	8.10	8.02
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	46.3	46.3	45.4	45.3	45.0
Short-circuit current	I_{sc}	A	8.87	8.77	8.63	8.62	8.50

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C cell temperature, AM 1.5g spectrum according to EN 60904-3
Average relative efficiency reduction of 5.0% at 200W/m² according to EN 60904-1

Electrical parameters at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)

Power output	P_{max}	W	220.9	217.3	214.2	210.6	207.7
Voltage at P_{max}	V_{mpp}	V	33.6	33.4	32.7	32.3	32.0
Current at P_{max}	I_{mpp}	A	6.57	6.51	6.55	6.53	6.46
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	42.7	42.7	41.4	41.3	41.1
Short-circuit current	I_{sc}	A	7.19	7.10	6.99	6.98	6.89

NOCT: open-circuit module operation temperature at 800W/m² irradiance, 20°C ambient temperature, 1 m/s wind speed

THERMAL CHARACTERISTICS

Nominal operating cell temperature	NOCT	°C	46 +/- 2
Temperature coefficient of P_{max}	γ	%/°C	-0.45
Temperature coefficient of V_{oc}	β_{Voc}	%/°C	-0.33
Temperature coefficient of I_{sc}	α_{Isc}	%/°C	0.06
Temperature coefficient of V_{mpp}	β_{Vmpp}	%/°C	-0.45

OPERATING CONDITIONS

Max. system voltage	1000V _{dc}
Max. series fuse rating	15A
Limiting reverse current	15A
Operating temperature range	-40 to 194°F (-40 to 90°C)
Max. static load, front (e.g., snow and wind)	113 psf (5400 Pa)
Max. static load, back (e.g., wind)	50 psf (2400 Pa)
Hailstone impact	1 in (25 mm) at 51 mph (23 m/s)

CONSTRUCTION MATERIALS

Front cover (material/type/thickness)	Low-iron glass / tempered / 4.0 mm Glass may have anti-reflective coating
Cell (quantity/material/type/dimensions/area/# of busbars)	72 / polysilicon / multicrystalline / 156 mm x 156 mm / 243.3 cm ² / 3
Encapsulant (material)	Ethylene vinyl acetate (EVA)
Frame (material/color)	Anodized aluminum alloy / silver
Junction box (protection degree)	≥IP65
Cable (type/length/gauge/outside diameter)	PV Wire / 47.24 in (1200 mm) / 12 AWG / 0.244 in (6.2 mm)
Plug connector (manufacturer/type/protection degree)	Amphenol / H4 / IP68 or Multi Contact / MC4 / IP67

The specifications in this datasheet are not guaranteed and are subject to change without prior notice.
This datasheet complies with EN 50380:2003 requirements.

Yingli Green Energy Americas, Inc.
info@yingliamericas.com
Tel: +1 (888) 686-8820

YINGLISOLAR.COM/US | NYSE:YGE

© Yingli Green Energy Holding Co. Ltd. | YGE-U72CellSeries2013_EN_201301_V01

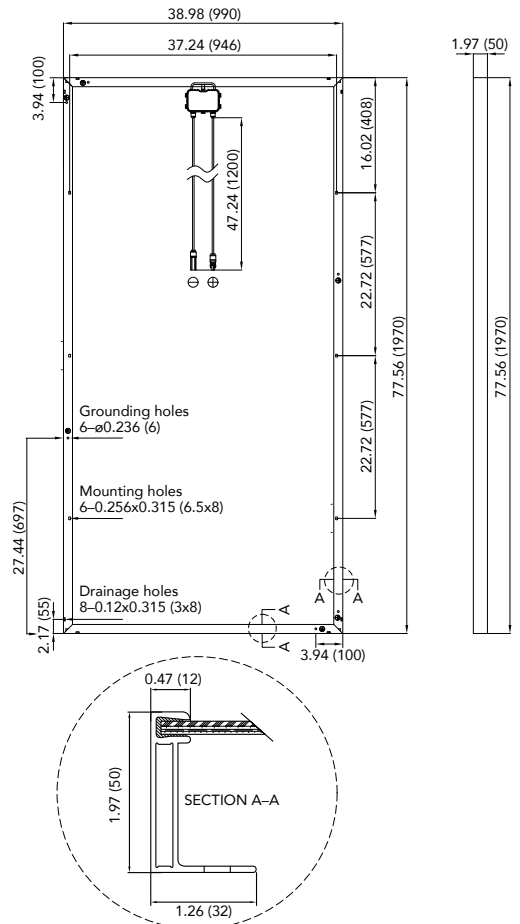
GENERAL CHARACTERISTICS

Dimensions (L/W/H)	77.56 in (1970 mm) / 38.98 in (990 mm) / 1.97 in (50 mm)
Weight	59.1 lbs (26.8 kg)

PACKAGING SPECIFICATIONS

Number of modules per pallet	21
Number of pallets per 53' container	28
Packaging box dimensions (L/W/H)	78 in (1990 mm) / 45 in (1130 mm) / 46 in (1170 mm)
Box weight	1351 lbs (613 kg)

Units: inch (mm)

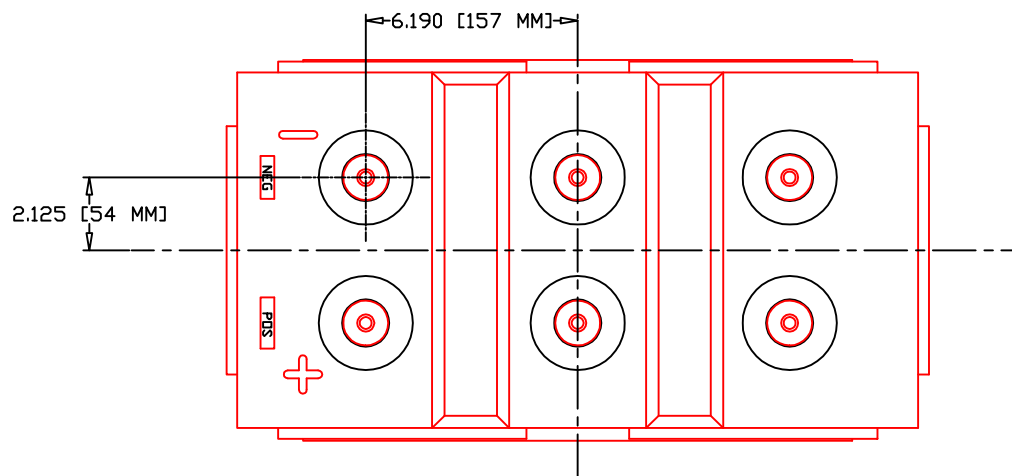


Warning: Read the Installation and User Manual in its entirety before handling, installing, and operating Yingli modules.

Our Partners



U.S. Soccer Powered by Yingli Solar



PART NUMBER: 12-CS-11P

WEIGHT WET: 272 LB/ 124 KG

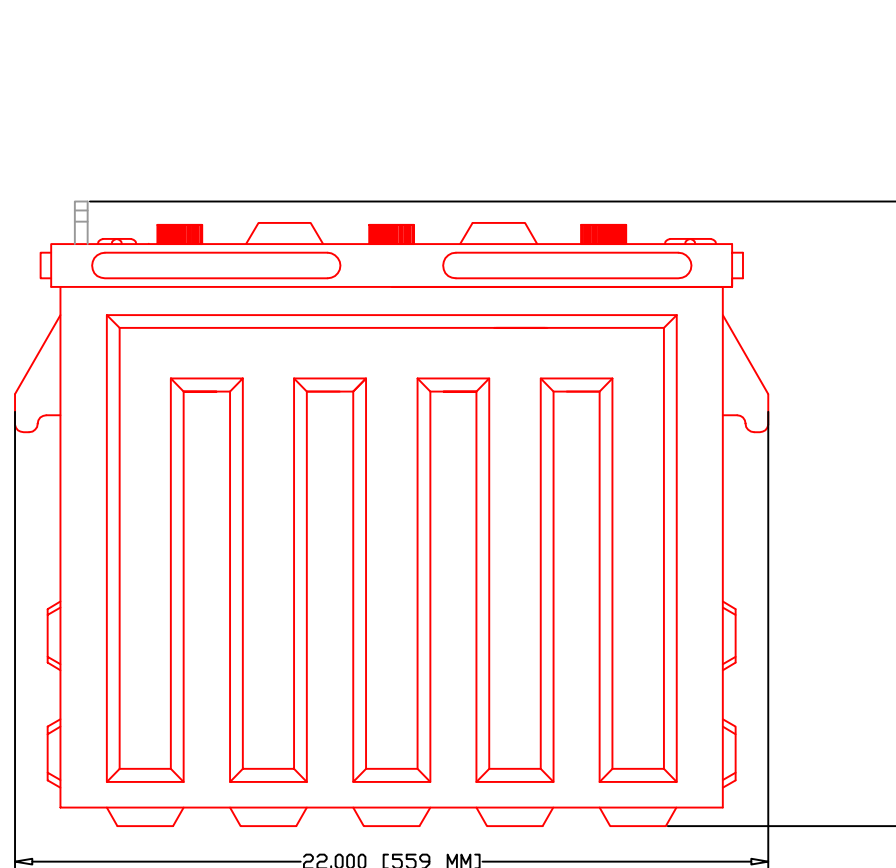
WEIGHT DRY: 220 LB/ 100 KG

CAPACITY 357 AH 20 HR

VOLTAGE: 12 V

OVERALL DIMENSIONS: 22"X 11½"X 18½"

MAX HEIGHT WITH OPTIONAL HYDROCAPS 18.63" / 473MM



Rolls
BATTERY ENGINEERING

TITLE: 12CS11P

DESCRIPTION:
12V / 6 CELL 11 PLATE (CS) DEEP CYCLE
500/5000 SERIES

CONTACT INFO:
WEB: WWW.SURRETTE.COM
E-MAIL: SALES@SURRETTE.COM
PHONE: 1-800-681-9914

SCALE: 1" = 6" 1" = 4" JPEG:
8.5" X 11" 11" X 17" NOT TO
SCALE

Drawn by: S. WILES Approved By: D. SURRETTE

DATE: JAN-2010 REVISION 2.0

DRAWING NO.: DWG 018, BD12CS11P

Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada- o MC4 PV

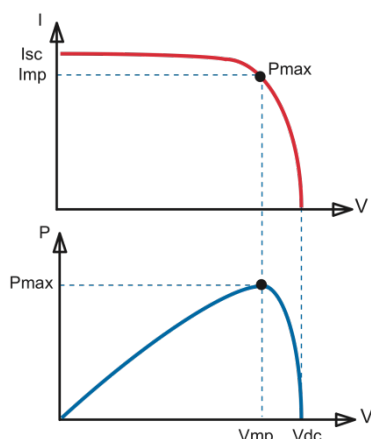
MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100

www.victronenergy.com


**Controlador de carga solar
MPPT 150/70-Tr**



**Controlador de carga solar
MPPT 150/70-MC4**



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V).
El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:

Potencia de salida $P = I \times V$ como función de tensión de salida.
Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a V_{mp} .

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

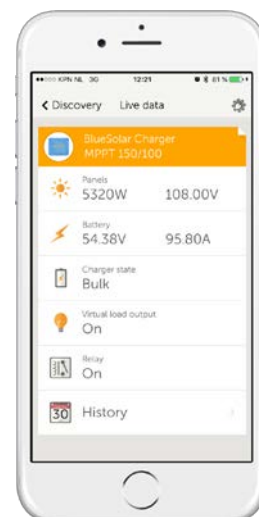
Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android consulte "Mochila inteligente de conexión VE.Direct a Bluetooth"
- Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV máxima, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Corriente de cortocircuito máxima FV 2)	50A	50A	50A	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	10mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -68 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				

CARCASA

Color	Azul (RAL 5012)	
Terminales FV 3)	35 mm ² /AWG2 (modelos Tr), Dos conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos de hasta 150/70) Tres conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos 150/85 y 150/100)	
Bornes de batería	35 mm ² / AWG2	
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)	
Peso	3kg	4,5kg
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95mm	Modelos Tr: 216 x 295 x 103mm Modelos MC4: 246 x 295 x 103mm

ESTÁNDARES

ESTÁNDARES	
Seguridad	EN/IEC 62109
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado.	
1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.	
2) Un sistema FV con una corriente de cortocircuito más alto dañaría el controlador.	
3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares.	
Corriente máxima por conector MC4: 30A	

Inversores string ABB PVS300 3,3 a 8,0 kW



Los inversores string ABB convierten de forma rentable la corriente continua generada por paneles solares en corriente alterna de alta calidad que puede ser inyectada a la red eléctrica. Su diseño cumple con las necesidades de toda la cadena de suministro, desde los integradores de sistemas e instaladores hasta los usuarios finales. Estos inversores monofásicos sin transformador son adecuados para sistemas fotovoltaicos pequeños o medianos conectados a la red eléctrica.

Un nuevo inversor del líder en el mercado de convertidores de frecuencia

ABB lidera el mercado global de convertidores de frecuencia gracias a sus más de 40 años de experiencia, liderazgo tecnológico y know-how en aplicaciones para cualquier proyecto de inversores solares. Esta suma de experiencia y tecnología aplicada a las energías renovables garantiza una calidad, fiabilidad y seguridad siempre elevadas de los inversores solares.

Inversores string compactos con potentes funciones

Los inversores string ABB han sido creados para sistemas fotovoltaicos (FV) instalados en edificios residenciales, comerciales e industriales.

Los inversores string ABB incorporan un conjunto de características orientadas al usuario, como son un alto rendimiento total que permite suministrar más electricidad a la red, generando más beneficios; protecciones integradas que reducen la necesidad de costosos dispositivos externos; un diseño compacto que deja espacio libre para otros equipos y una unidad de control intuitiva y de lectura sencilla que puede montarse internamente o en una ubicación remota.

Características principales

- Alto rendimiento total
- Dispositivos de protección integrados y monitorizados
- Tensión de entrada máxima elevada
- Amplio rango de tensiones de entrada de CC
- Unidad de control extraíble con pantalla gráfica
- Función de monitorización de datos de rendimiento integrada
- Nivel de protección IP55 para exteriores con funciones de seguridad adicionales

Inversores string ABB

Alto rendimiento total

El inversor string ABB ofrece un elevado rendimiento de conversión y de seguimiento del punto de máxima potencia (MPP) en cualquier condición de funcionamiento. Esto significa que la cantidad de electricidad que inyecta a la red pública es mayor que la suministrada por otros inversores similares y por tanto los beneficios para el usuario final son mayores y el retorno de la inversión para todo el sistema fotovoltaico es más rápido.

Protección integrada

El inversor string ABB lleva integrados dispositivos de protección monitorizados que evitan el sobrecoste de emplear equipos externos de protección, seguridad y monitorización.

Todo ello permite una instalación sencilla del inversor gracias al menor número de componentes en el sistema. El diseño compacto del inversor permite su instalación en espacios pequeños, dejando espacio libre para otros equipos. El usuario puede sustituir sencillamente estos dispositivos de protección con seguridad cuando sea necesario.

Tensión de entrada máxima elevada

La tensión de CC máxima elevada permite la conexión de un mayor número de módulos fotovoltaicos en serie. El resultado es una potencia de string mayor para una misma intensidad. Esto ayuda a reducir las pérdidas de potencia, así como el coste y tamaño del cableado.



Datos técnicos y tipos

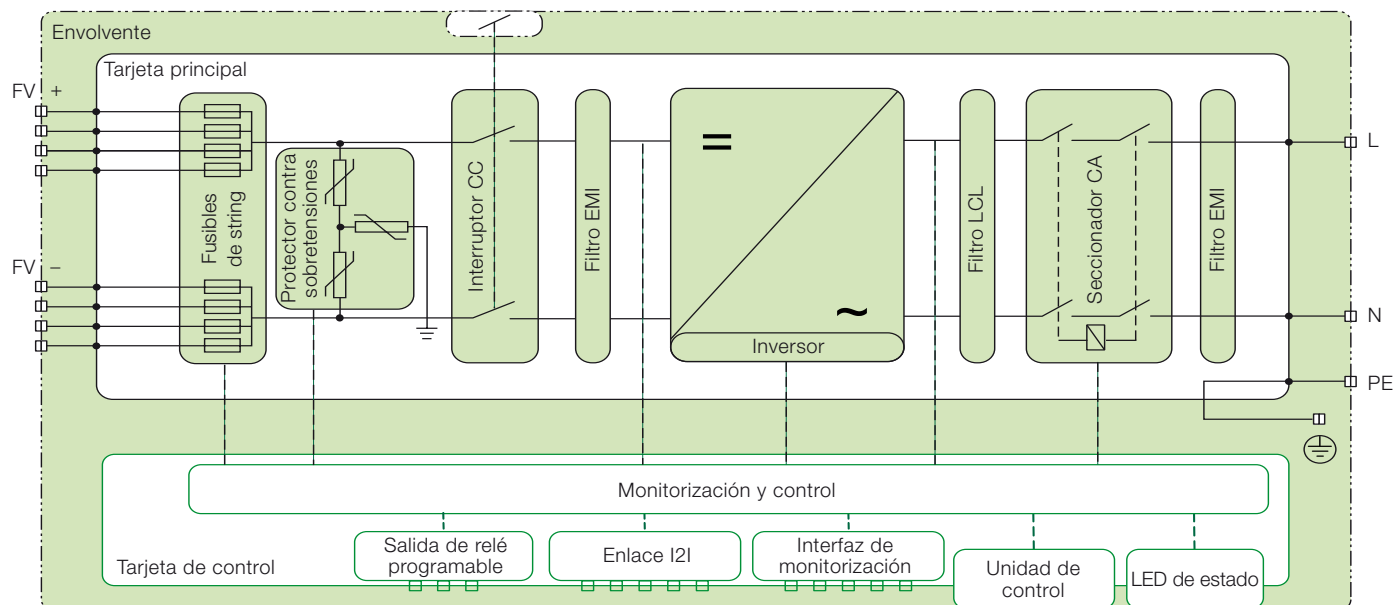
Código de tipo	PVS300-TL-3300W-2	PVS300-TL-4000W-2	PVS300-TL-4600W-2	PVS300-TL-6000W-2	PVS300-TL-8000W-2
	3,3 kW	4,0 kW	4,6 kW	6,0 kW	8,0 kW
Entrada (CC)					
Potencia FV nominal (P_{FV})	3400 W	4100 W	4700 W	6100 W	8100 W
Potencia FV máxima ($P_{FV,max}$)	3700 W	4500 W	5200 W	6700 W	8900 W
Rango de tensión de CC, mpp (U_{CC})	335 a 800 V				
Tensión máx. de CC ($U_{CC,max}$)	900 V				
Tensión nominal de CC (U_N)	480 V				
Corriente máx. de CC ($I_{CC,max}$)	10,5 A	12,7 A	14,6 A	19,0 A	25,4 A
Número de entradas CC (paralelo)	4, con conectores rápidos MC4				
Salida (CA)					
Potencia nominal de salida CA (P_{CA})	3300 W	4000 W	4600 W	6000 W	8000 W
Corriente nominal de CA ($I_{CA,nom}$)	14,3 A	17,4 A	20,0 A	26,1 A	34,8 A
Tensión nominal ($V_{CA,nom}$)	230 V				
Tensión de red, rango de operación ¹⁾	180 a 276 V				
Frecuencia de red, rango de operación (f_{CA}) ²⁾	47 a 63 Hz				
Distorsión armónica de la corriente de red (K_{ICA})	< 3%				
Factor de potencia (cosφ)	1				
Conexión de red	Monofásica: L, N y PE				
Transformador	No				
Rendimiento					
Rendimiento máx. ($P_{CA,max}$)	97,1%				
Euro-eta	96,0%	96,3%	96,3%	96,6%	96,6%
Consumo de energía					
En modo de espera (P_{espera})	< 12 W				
Consumo nocturno ($P_{nocturno}$)	< 1 W				
Límites ambientales					
Grado de protección	IP55				
Rango de temperatura ambiente admisible	-25 °C a +60 °C				
Potencia nominal, hasta	+50 °C				
Humedad relativa (sin condensación)	0 a 100%				
Altitud máxima sobre el nivel del mar ³⁾	2000 m				
Nivel de ruido	<45 dBA				

¹⁾ Este rango debe ajustarse específicamente según las normas nacionales.

²⁾ Este rango debe ajustarse específicamente según las normas nacionales.

³⁾ La salida nominal puede ser limitada a mayores altitudes.

Diseño y conexión a la red del inversor string ABB



Datos técnicos y tipos

Código de tipo	PVS300-TL-3300W-2	PVS300-TL-4000W-2	PVS300-TL-4600W-2	PVS300-TL-6000W-2	PVS300-TL-8000W-2
	3,3 kW	4,0 kW	4,6 kW	6,0 kW	8,0 kW
Dimensiones y peso					
Anchura / Altura / Profundidad (mm)	An 392 / Al 581 / P 242				
Peso aproximado (kg)	27			29	
Protección					
Monitorización contra defecto a tierra	Sí				
Monitorización de red con protección anti-isla	Sí				
Detección de intensidad residual (RCD)	Sí				
Interruptor CC	Sí				
Fusibles de string CC ⁴⁾	Sí				
Polaridad inversa de CC	Sí				
Cortocircuito de CA	Sí				
Sobrecarga	Sí				
Sobretemperatura ⁵⁾	Sí				
Dispositivo de protección contra sobretensiones reemplazable	Sí				
Clase de protección ⁶⁾	Clase I				
Categoría de sobretensión ⁷⁾	Categoría III				
Interfaz de usuario y comunicaciones					
Tipo de unidad de control	Extraíble con pantalla gráfica y teclado				
Interfaz de unidad de control	EIA-485				
Comunicación de inversor a inversor (I2I)	Sí				
Interfaz de inversor a inversor	EIA-485				
Monitorización y configuración trifásica	Sí, con enlace I2I				
LED de estado	Sí				
Salida de relé con aislamiento eléctrico	Sí, función programable por el usuario				
Monitorización remota	Sí, con accesorios				
Interfaz de monitorización	EIA-485				
Protocolos de monitorización	Modbus RTU / Ethernet, con accesorios				
Cumplimiento de normativas del producto					
Seguridad	Cumple con EN50178:1997 y EN62109-1:2010				
Conformidad con la red	Cumple con VDE V 0126-1-1:2006-2, UTE C15-712-1				
CE	Conformidad CE, cumple con la Directiva Europea de Baja Tensión 2006/95/CE y EMCD 2004/108/CE				

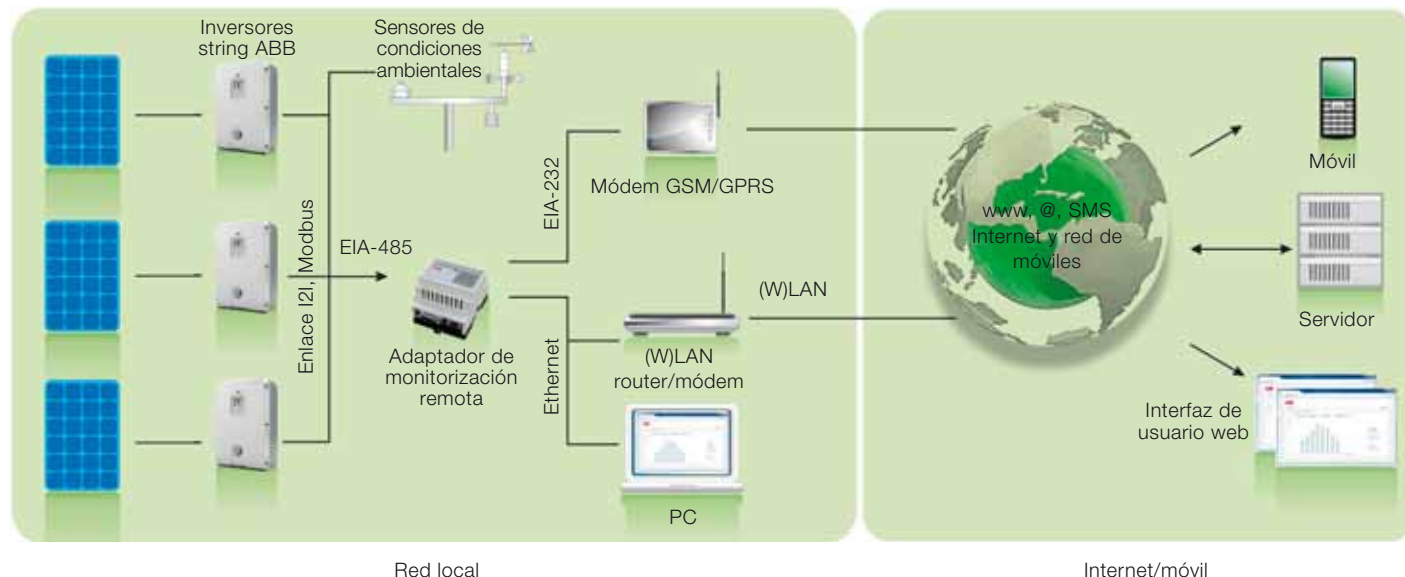
⁴⁾ Fusibles FV de 12 A entregados con el inversor

⁵⁾ Según la limitación de la potencia de salida

⁶⁾ Según IEC 62103

⁷⁾ Según EN 60664-1

Esquema de transmisión de datos del inversor string ABB



Unidad de control intuitivo con opciones de montaje versátiles

La simplicidad de la unidad de control permite una configuración rápida del inversor. La unidad de control puede montarse dentro del bastidor del inversor o se suministra con un kit de montaje en pared opcional que permite su instalación a distancia, por ejemplo en una pared del edificio. Con ella, el usuario puede monitorizar el funcionamiento del inversor en todo momento.

Un kit de instalación inalámbrico opcional permite la instalación separada de la unidad de control sin necesidad de un cable de conexión con el inversor. El sistema fotovoltaico puede ser monitorizado desde el salón o la cocina aunque el inversor esté instalado en otro lugar, como el garaje, el tejado o el jardín.

Accesorios

- Kit de montaje en pared de la unidad de control fija, PVS-APK-F
- Kit de comunicaciones inalámbricas y soporte de sobremesa de la unidad de control móvil, PVS-APK-M
- Adaptador de monitorización remota con interfaz web integrada, SREA-50

Asistencia y servicio

ABB presta asistencia a sus clientes con una red de servicio específica en más de 60 países y potentes redes regionales y locales de socios técnicos que ofrecen una amplia gama de servicios para el ciclo completo de vida del producto.

Para obtener más información, póngase en contacto con su representante local de ABB o visite:

www.abb.com/solar
www.abb.com

© Copyright 2011 ABB. Todos los derechos reservados. Las especificaciones pueden cambiar sin previo aviso.



Adaptador de monitorización remota

Unidad de control de montaje en pared

Unidad de control con soporte de sobremesa

Power and productivity
for a better world™



NYY DUPLEX / TRIPLE

Usos

Aplicación general como cable de energía. En redes de distribución en baja tensión, instalaciones industriales, en edificios y estaciones de maniobra. En instalaciones fijas, en ambientes interiores (en bandejas, canaletas, etc.), directamente enterrado en lugares secos y húmedos.

Descripción

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado (comprimido, compactado), aislamiento y cubierta individual de PVC. En la conformación duplex los dos conductores son trenzados entre sí. En la conformación triple, los tres conductores son ensamblados en forma paralela mediante una cinta de sujeción.

Características

Buenas propiedades eléctricas y mecánicas. La cubierta exterior de PVC le otorga una adecuada resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión. Facilita empalmes, derivaciones y terminaciones. Menor peso que los cables NYY convencionales y mejor disipación de calor permitiendo obtener una mayor intensidad de corriente admisible. Retardante a la llama.

Marcación

INDECO S.A. NYY(80°) 0.6/1 kV 3-1x<Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

Calibre

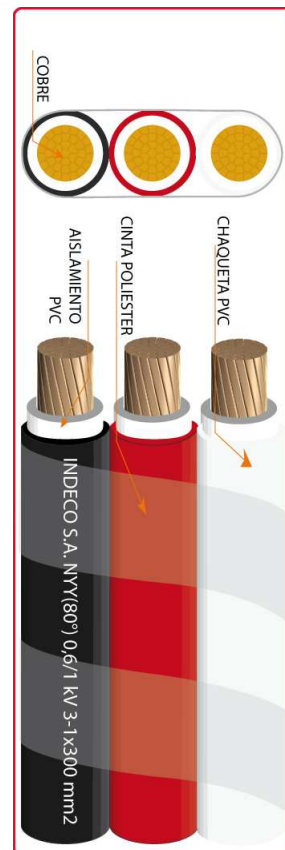
6 mm² – 500 mm²

Embalaje

En carretes de madera, en longitudes requeridas.

Colores

Aislamiento: Blanco
Cubierta: Duplex : Blanco, negro.
Triple : Blanco, negro, rojo.



Norma(s) de Fabricación

NTP-IEC 60502-1

Tensión de servicio

0.6/1 kV

Temperatura de operación

80 °C

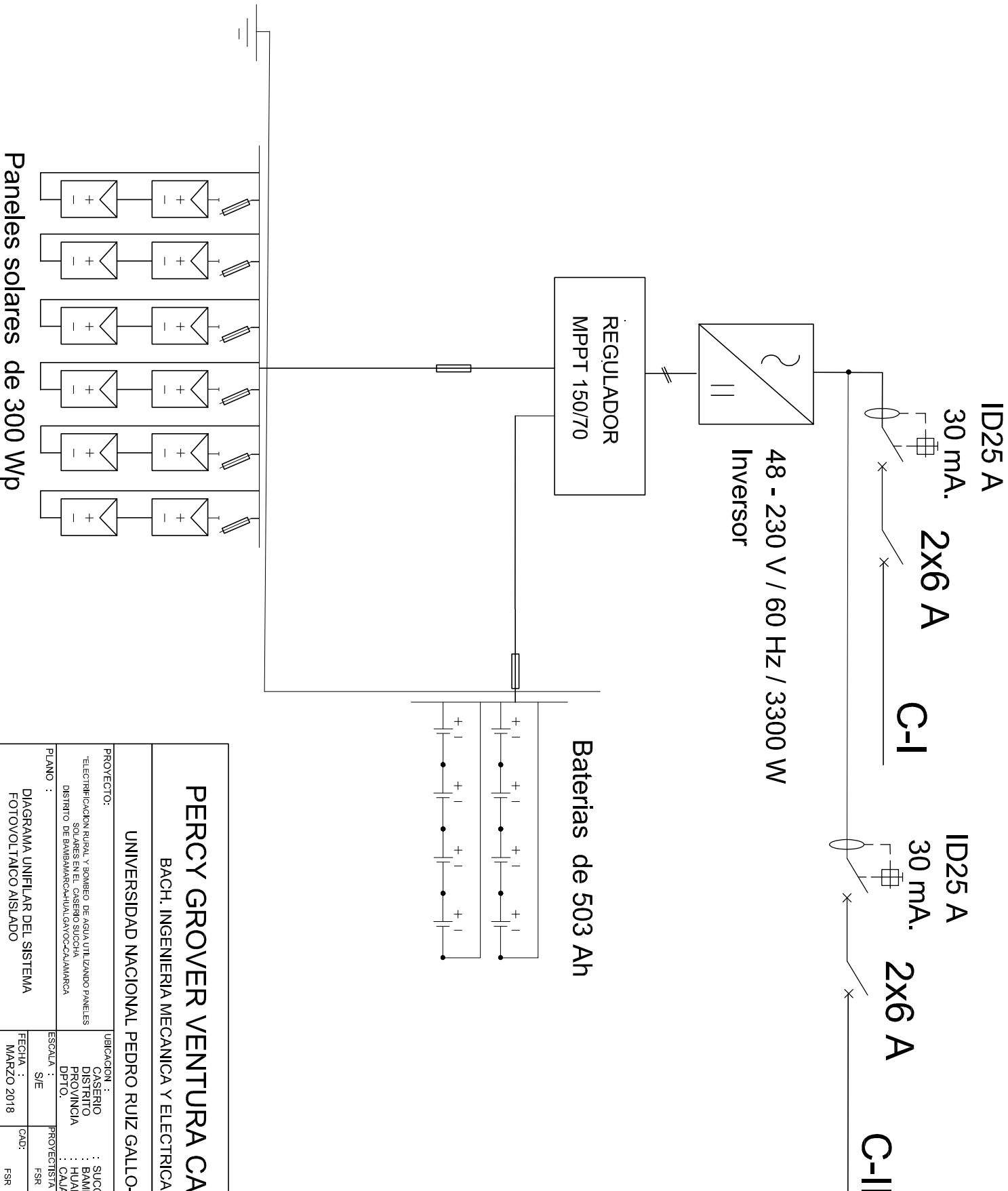
TABLA DE DATOS TECNICOS NYY DUPLEX

CALIBRE	Nº HILOS	ESPESORES		DIÁMETRO EXTERIOR	PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA			ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm²		mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
2x1x6	1	1	1.4	15.4	218	77	58	62
2x1x10	1	1	1.4	17	307	105	80	85
2x1x16	7	1	1.4	19.3	454	136	108	112
2x1x25	7	1.2	1.4	22.5	672	170	140	140
2x1x35	7	1.2	1.4	24.6	880	205	175	170

TABLA DE DATOS TECNICOS NYY TRIPLE

CALIBRE	Nº HILOS	ESPESORES		DIMENCIONES		PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA	ALTO	ANCHO		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm²		mm	mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
3 - 1 x 6	1	1	1.4	7.8	23.2	324	72	54	58
3 - 1 x 10	1	1	1.4	8.6	25.7	455	95	74	77
3 - 1 x 16	7	1	1.4	9.8	29.1	672	127	100	102
3 - 1 x 25	7	1.2	1.4	11.4	33.9	992	163	131	132
3 - 1 x 35	7	1.2	1.4	12.4	37.1	1298	195	161	157
3 - 1 x 50	19	1.4	1.4	14.1	42	1707	230	196	186
3 - 1 x 70	19	1.4	1.4	15.7	46.8	2339	282	250	222
3 - 1 x 95	19	1.6	1.5	18.2	54.3	3209	336	306	265
3 - 1 x 120	37	1.6	1.5	19.9	59.5	3975	382	356	301
3 - 1 x 150	37	1.8	1.6	21.7	64.9	4836	428	408	338
3 - 1 x 185	37	2	1.7	24.1	72	6027	483	470	367
3 - 1 x 240	37	2.2	1.8	27	80.8	7825	561	562	426
3 - 1 x 300	37	2.4	1.9	29.8	89.3	9736	632	646	480
3 - 1 x 400	61	2.6	2	33.2	99.4	12336	730	790	555
3 - 1 x 500	61	2.8	2.1	36.9	110.4	15590	823	895	567

(*) Temperatura del suelo: 20°C
 Temperatura ambiente: 30°C
 Temperatura en el conductor: 80°C
 Resistividad del suelo: 1 k.m/W



Paneles solares de 300 Wp

PERCY GROVER VENTURA CARRILLO			
BACH. INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA			
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO-FIME			
PROYECTO:	UBICACION :		
ELECTRIFICACION RURAL Y SONORO DE AGUA UTILIZANDO PANELES SOLARES EN EL CASERIO SUCCHA	CASERIO		
DISTRITO DE BAMBAMARCA HUAYOCAYOC	DISTRITO		
	PROVINCIA		
	DPTO.		
PLANO :	ESCALA :	PROYECTISTA :	Nº DE PLANO :
DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO	S/E	FSR	DSF-01
	FECHA :	CAD:	
	MARZO 2018	FSR	

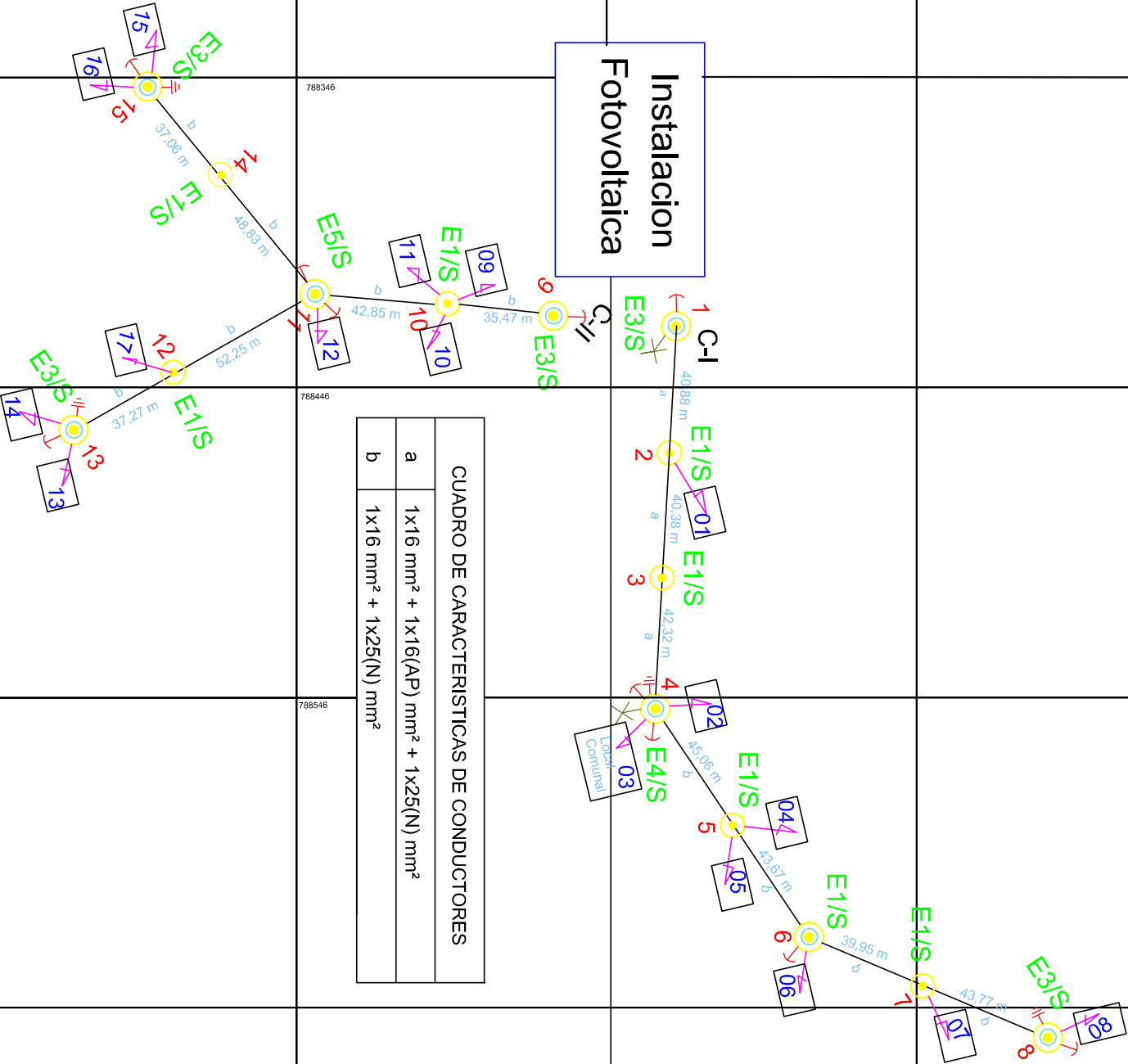


UBICACION GEOGRAFICA

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	POSTE DE CABLEADO (200kg PROTECTOR)
	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO
	POSTE DE TIERRA A TIERRA CON VIGILA DE 0,9 x 30 x 2400 mm
	RETENCIÓN MECÁNICA
	PROTECCIÓN POR CABLEADO DE 20V
	ACOMETIDA CONECTOR
	ESTRUCTURA DE SUSPENSIÓN EN ALFILERAMIENTO
	ESTRUCTURA DE FIJACIÓN DE LÍNEA
	ESTRUCTURA DE ANCLAJE
	VIVIENDA DEL VIENTO

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTORES	
a	1x16 mm² + 1x16(AP) mm² + 1x25(N) mm²
b	1x16 mm² + 1x25(N) mm²

Instalacion Fotovoltaica



PERCY GROVER VENTURA CARRILLO

BAQH, MECANICO ELECTRICISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

EXAMEN DE SUPERFICIA PROFESIONAL :

ELECTRICIDAD RURAL Y RINCÓN DE CALIDAD COMO PALESTINOS

INTEL. CASERO SOCIOCOMUNITARIO DE BARRIO

INSTRUMENTACIÓN

UBICACIÓN :

CASERO

PROVINCIA

DPTO.

CAJAMARCA

PLANO :

RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA BAJA TENSIÓN

ESCALA :

1 / 1000

FECHA :

MARZO 2018

DSV-02

PLANILLA DE METRADO																																		
REDES SECUNDARIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS																																		
CASERIO SUCCHA-BAMBAMARCA -HUALGAYOC-CAJAMARCA																																		
DETALLE Y UBICACION		METRADO	POSTES DE C.A.C		RETENIDAS Y PUESTA A TIERRA			PASTORALES Y LUMINARIAS		AUTOPORTANTE				CONDUCTORES	ACCESORIOS DE FERRETERIA																			
ESTRUCT. POSTE N°	ARMADO	VANO ATRAS (m)	POSTE DE CAC 8/200	POSTE DE CAC 8/300	RETENIDA SIMPLE	RETENIDA CONTRAPUNTA	PUESTA A TIERRA CON VARILLA	PASTORAL DE TUBO DE A°G°	LUMINARIA CON LAMPARA DE VAPOR DE SODIO	2X16+16/P25	2X16/P25	1X16+16/P25	1X16/P25	Cu RECOCIDO N2XY 10 mm2	GRAPA DE SUSPENSION ANGULAR	GRAPA DE ANCLAJE CONICA	CONECTOR BIMETALICO PARA AI	CONECTOR BIMETALICO AISLADO	CONECTOR PARA AI. 25mm2 TIPO CUNA	CONECTOR AISLADO TIPO PERFORACION	CORRE PLASTICAS DE AMARRE	CINTA AUTOFUNDENTE PARA EXTREMO DE CABLE	PERNO CON GANCHO DE 16mm Ø. LONG. 254 mm	PERNO CON GANCHO DE 16mm Ø. LONG. 305 mm	PERNO DE A°G° DE 13mmØ LONG. 254mm	PERNO DE A°G° DE 13mmØ LONG. 305mm	PERNO CON OJAL DE 13mmØ LONG. 254 mm	PERNO CON OJAL DE 13mmØ LONG. 305 mm	FLEJE DE ACERO INOX.	ARANDIA LA CUADRADA CURVA	TUERCA OJO DE A°G° PARA PERNO DE 16mmØ	CAJA DE DERIVACION	PORTALINEA UNIPOLAR	
C-I																																		
1	E3/S	25,0		1,0	1,0			1,0	1,0		27,50					1,0					4,0	2,0			1,0			1,0			2,0			2,0
2	E1/S	40,9	1,0								44,97				1,0						4,0		1,0		1,0				1,0			1,0		2,0
3	E1/S	40,4	1,0								44,42				1,0						4,0		1,0		1,0				1,0			1,0		2,0
4	E4/S	42,3		1,0	2,0		1,0	1,0	1,0		46,56					2,0					5,0	2,0			1,0		2,0			2,0	1,0		2,0	
5	E1/S	45,1	1,0									49,6			1,0						4,0		1,0		1,0					1,0			2,0	
6	E1/S	43,7	1,0									48,0			1,0						4,0		1,0		1,0					1,0			2,0	
7	E1/S	40,0	1,0									43,9			1,0						4,0		1,0		1,0					1,0			2,0	
8	E3/S	43,8		1,0	1,0		1,0					48,1				1,0					4,0	2,0			1,0		1,0			2,0			2,0	
C-II																																		
9	E3/S	25,0		1,0	1,0						27,5					1,0					4,0	2,0			1,0		1,0			2,0			2,0	
10	E1/S	35,5	1,0								39,0				1,0						4,0		1,0		1,0				1,0			1,0		2,0
11	E5/S	42,9		1,0	2,0						47,1				1,0	1,0			1,0		5,0		1,0		1,0		1,0			3,0			2,0	
12	E1/S	52,3	1,0								57,5				1,0						4,0		1,0		1,0					1,0			2,0	
13	E3/S	37,3		1,0	1,0		1,0				41,0					1,0					4,0	2,0			1,0		1,0			2,0			2,0	
14	E1/S	48,8	1,0								53,7				1,0						4,0		1,0		1,0					1,0			2,0	
15	E3/S	37,1		1,0			1,0				40,8					1,0					4,0	2,0			1,0		1,0			2,0			2,0	
TOTAL		599,77	8,00	7,00	8,00	0,00	4,00	2,00	2,00	0,00	163,45	0,00	496,30	0,00	9,00	8,00	0,00	0,00	1,00	0,00	62,00	12,00	9,00	0,00	15,00	0,00	8,00	0,00	0,00	23,00	1,00	0,00	30,00	

PS2-600 HR-10

Solar Submersible Pump System for 4" wells

System Overview

Head	max. 80 m
Flow rate	max. 2,0 m³/h

Technical Data

Controller PS2-600

- Controlling and monitoring
- Control inputs for dry running protection, remote control etc.
- Protected against reverse polarity, overload and overtemperature
- Integrated MPPT (Maximum Power Point Tracking)
- Battery operation: Integrated low voltage disconnect

Power	max. 0,70 kW
Input voltage	max. 150 V
Optimum Vmp**	> 68 V
Motor current	max. 13 A
Efficiency	max. 98 %
Ambient temp.	-40...50 °C
Enclosure class	IP68

Motor ECDRIVE 600-HR

- Maintenance-free brushless DC motor
- Water filled
- Premium materials, stainless steel: AISI 304/316
- No electronics in the motor

Rated power	0,7 kW
Efficiency	max. 92 %
Motor speed	900...3 300 rpm
Insulation class	F
Enclosure class	IP68
Submersion	max. 150 m

Pump End PE HR-10***

- Non-return valve
- Premium materials, stainless steel: AISI 304/316
- Optional: dry running protection
- Helical rotor pump



Pump Unit PU600 HR-10 (Motor, Pump End)

Borehole diameter	min. 4,0 in
Water temperature	max. 50 °C

Standards



2006/42/EC, 2004/108/EC, 2006/95/EC

IEC/EN 61702:1995

The logos shown reflect the approvals that have been granted for this product family. Products are ordered and supplied with the approvals specific to the market requirements.

**Vmp: MPP-voltage under Standard Test Conditions (STC): 1000 W/m² solar irradiance, 25 °C cell temperature

***Specify temperature range on order

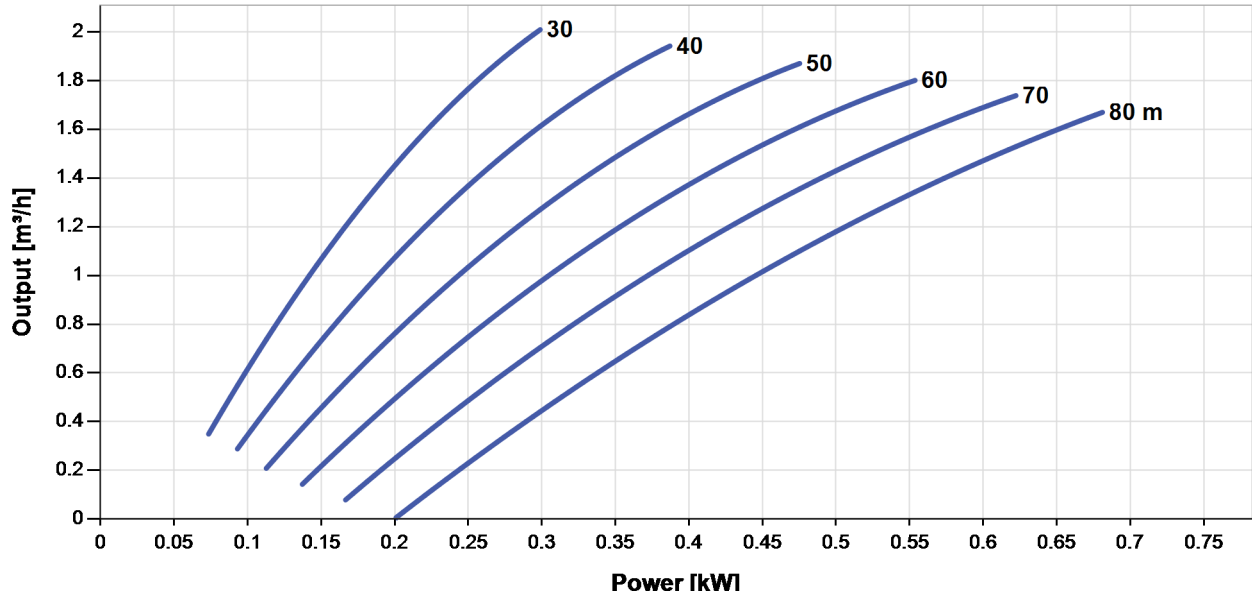


PS2-600 HR-10

Solar Submersible Pump System for 4" wells

Pump Chart

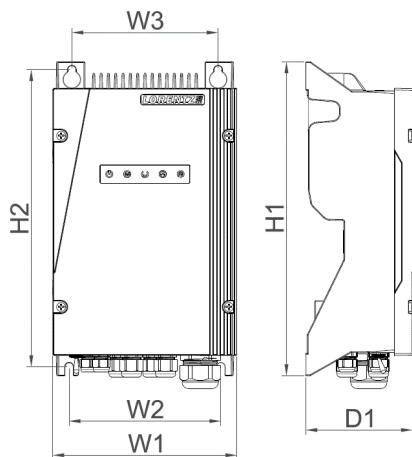
V_{mp}* > 68 V



Dimensions and Weights

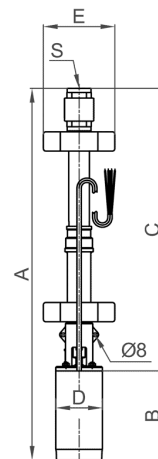
Controller

H1 = 352 mm
H2 = 333 mm
W1 = 207 mm
W2 = 170 mm
W3 = 164 mm
D1 = 124 mm



Pump Unit**

A = 771 mm
B = 185 mm
C = 586 mm
D = 96 mm
E = 147 mm
S = 1,25 in

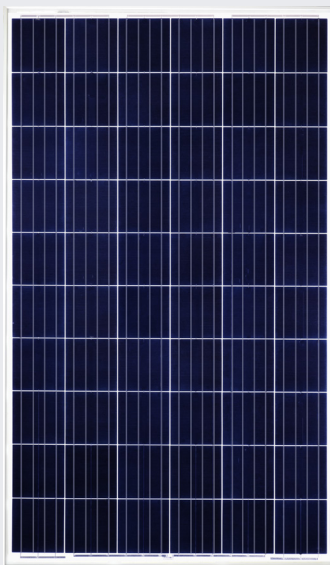


	Net weight
Controller	5,6 kg
Pump Unit	12 kg
Motor	7,0 kg
Pump End	4,5 kg

*V_{mp}: MPP-voltage under Standard Test Conditions (STC): 1000 W/m² solar irradiance, 25 °C cell temperature

**By cutting the rubber spacers the diameter can be adjusted between 6" and 4" wells.

YGE 60 CELL SERIES 2



EFICIENCIA DE LA CÉLULA

18.5%

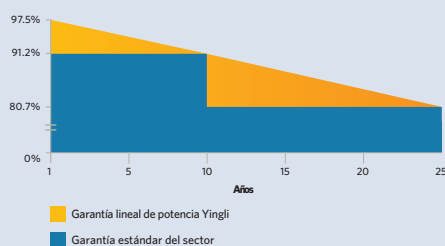
GARANTÍA DE PRODUCTO

10 AÑOS

TOLERANCIA DE POTENCIA

0-5W

Garantía lineal a 25 años



RENDIMIENTO Y VERSATILIDAD DEMOSTRADOS

Sometida a pruebas independientes que demuestran la calidad de los productos y la fiabilidad a largo plazo. Millones de sistemas fotovoltaicos instalados por todo el mundo demuestran el liderazgo de Yingli en el sector.



Durabilidad

Módulos Fotovoltaicos duraderos, probados independientemente en condiciones ambientales adversas tales como la exposición al ambiente salino, amoníaco y factores de riesgo del PID conocidos.



Vidrio avanzado

Nuestro vidrio de alto nivel de transmisión incorpora un exclusivo revestimiento antirreflectante que dirige más luz hacia las células solares y genera un mayor rendimiento energético.



El tamaño de módulo más vendido

Este tamaño es el más demandado por millones de bancos e inversores y el más indicado para la práctica totalidad de aplicaciones fotovoltaicas.



Resistente al PID

Probados conforme al borrador de la norma IEC 62804, nuestros Módulos Fotovoltaicos han demostrado ser resistentes al PID (Degradación por Potencia Inducida), que se traduce en seguridad para su inversión.

Yingli Green Energy

Yingli Green Energy Holding Company Limited (NYSE:YGE), conocida como "Yingli Solar", es uno de los fabricantes líderes de paneles solares con la misión de ofrecer energía verde asequible para todos. Con más de 60 millones de paneles solares en todo el mundo, Yingli Solar hace posible la energía solar en comunidades en todo el mundo gracias a su experiencia global en fabricación y logística para abordar retos locales específicos.

YGE 60 CELL SERIES 2

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Parámetros eléctricos en condiciones de prueba estándar (STC)

YLxxxP-29b (xxx=P _{max})								
Tipo de módulo								
Potencia de salida	P _{max}	W	275	270	265	260	255	250
Tolerancias de potencia de salida	ΔP _{max}	W	0 / + 5					
Eficiencia del módulo	η _m	%	16.8	16.5	16.2	15.9	15.6	15.3
Tensión en P _{max}	V _{mpp}	V	31.0	30.7	30.5	30.3	30.0	29.8
Intensidad en P _{max}	I _{mpp}	A	8.90	8.80	8.70	8.59	8.49	8.39
Tensión en circuito abierto	V _{oc}	V	37.9	37.9	37.8	37.7	37.7	37.6
Intensidad en cortocircuito	I _{sc}	A	9.35	9.27	9.18	9.09	9.01	8.92

STC: 1000 W/m² de irradiación, 25°C de temperatura de célula, espectro AM 1.5g conforme a la EN 60904-3.
Reducción media de la eficiencia relativa de 3,3% a 200 W/m² según la EN 60904-1.

Parámetros eléctricos a temperatura operativa nominal de la célula (TONC)

Potencia de salida	P _{max}	W	200.6	196.9	193.3	189.7	186.0	182.4
Tensión en P _{max}	V _{mpp}	V	28.2	28.0	27.8	27.6	27.4	27.2
Intensidad en P _{max}	I _{mpp}	A	7.12	7.04	6.96	6.87	6.79	6.71
Tensión en circuito abierto	V _{oc}	V	35.0	35.0	34.9	34.8	34.8	34.7
Intensidad en cortocircuito	I _{sc}	A	7.56	7.49	7.42	7.35	7.28	7.21

TONC: temperatura operativa del módulo en circuito abierto a 800 W/m² de irradiación, 20°C de temperatura ambiente y 1m/s de velocidad del viento.

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Temperatura operativa nominal de la célula	TONC	°C	46 +/- 2
Temperatura coeficiente de P _{max}	γ	%/°C	-0.42
Temperatura coeficiente de V _{oc}	β _{Voc}	%/°C	-0.32
Temperatura coeficiente de I _{sc}	α _{Isc}	%/°C	0.05

CONDICIONES OPERATIVAS

Tensión máxima del sistema	1000V _{DC}
Valor máximo del fusible en serie	15A
Limitación de corriente inversa	15A
Rango de temperatura de funcionamiento	-40°C to 85°C
Máxima carga estática frontal (ej. nieve)	5400Pa
Máxima carga estática posterior (ej. viento)	2400Pa
Max. impacto por granizo (diámetro/velocidad)	25mm / 23m/s

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Cubierta frontal (material / espesor)	Vidrio templado de bajo contenido en hierro / 3,2 mm
Célula solar (cantidad / tipo / dimensiones/ número de busbar)	60/ silicio multicristalino / 156.75 mm x 156.75 mm/ 4 o 5
Marco (material/color/color de anodizado/sellado de bordes)	Aluminio anodizado
Caja de conexiones (grado de protección)	≥ IP67
Cable (longitud / sección transversal)	1000mm / 4mm ²
Conector (tipo / grado de protección)	MC4 / IP68 o YTO8-1 / IP67 o Amphenol H4 / IP68 o Forsol SIKE4 / IP68 o Renhe RH05-6 / IP67

- Debido a la continua innovación, investigación y mejora del producto, la información y las especificaciones citadas en esta hoja de características están sujetas a cambios sin previo aviso. Las especificaciones pueden variar ligeramente y no están garantizadas.
- Los datos no están referidos a un único módulo y no forman parte de la oferta, sirvan solo para su comprobación entre diferentes tipos de módulos.

CUALIFICACIONES Y CERTIFICADOS

IEC 61215, IEC 61730, CE, MCS, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, PV Cycle, SA 8000



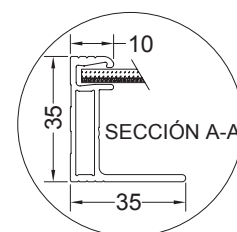
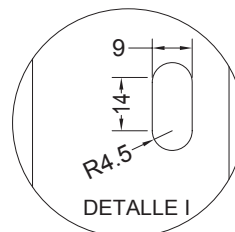
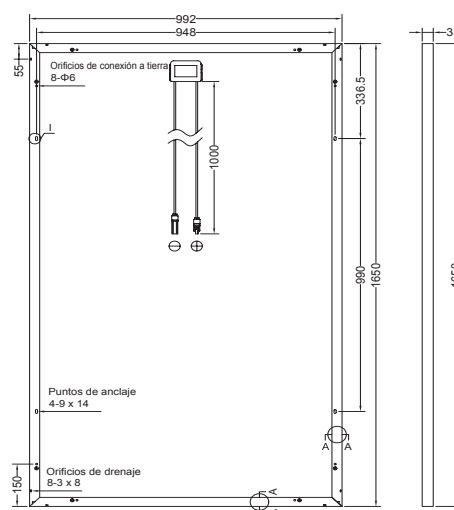
CARACTERÍSTICAS GENERALES

Dimensiones (Longitud /Ancho /Alto)	1650mm / 992mm / 35mm
Peso	18.5kg

ESPECIFICACIONES DE EMBALAJE

Número de módulos por palé	30
Número de palés por contenedor de 40'	28
Dimensiones de la caja de embalaje (L/A/A)	1700mm / 1135mm / 1165mm
Peso de la caja	588kg

Unidad: mm



Advertencia: Lea el Manual de Instalación y Uso en su totalidad antes de manejar, instalar u operar módulos de Yingli Solar.

Partners de Yingli:

Yingli Green Energy Holding Co., Ltd.

service@yingli.com

Tel: +86-312-2188055

YINGLISOLAR.COM



PANEL FOTOGRAFICO



EN LAS IMÁGENES SE MUESTRA VISTA PANORAMICA DE LA LOCALIDAD DE LAS SUCCHA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL - V PROGRAMA DE TITULACION PROFESIONAL EXTRAORDINARIA: "ELECTRIFICACIÓN RURAL Y BOMBEO DE AGUA UTILIZANDO PANELES SOLARES EN EL CASERÍO SUCCHA DISTRITO DE BAMBAMARCA PROVINCIA DE HUALGAYOC DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"



EN LAS IMÁGENES SE MUESTRA VISTA PANORAMICA DE LA LOCALIDAD DE LAS SUCCHA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL - V PROGRAMA DE TITULACION PROFESIONAL EXTRAORDINARIA: "ELECTRIFICACIÓN RURAL Y BOMBEO DE AGUA UTILIZANDO PANELES SOLARES EN EL CASERÍO SUCCHA DISTRITO DE BAMBAMARCA PROVINCIA DE HUALGAYOC DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"



EN LAS IMÁGENES SE MUESTRA VISTA PANORAMICA DE LA LOCALIDAD DE LAS SUCCHA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL - V PROGRAMA DE TITULACION PROFESIONAL EXTRAORDINARIA: "ELECTRIFICACIÓN RURAL Y BOMBEO DE AGUA UTILIZANDO PANELES SOLARES EN EL CASERÍO SUCCHA DISTRITO DE BAMBAMARCA PROVINCIA DE HUALGAYOC DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"



EN LAS IMÁGENES SE MUESTRA VISTA PANORAMICA DE LA LOCALIDAD DE LAS SUCCHA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL - V PROGRAMA DE TITULACION PROFESIONAL EXTRAORDINARIA: "ELECTRIFICACIÓN RURAL Y BOMBEO DE AGUA UTILIZANDO PANELES SOLARES EN EL CASERÍO SUCCHA DISTRITO DE BAMBAMARCA PROVINCIA DE HUALGAYOC DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"



EN LAS IMÁGENES SE MUESTRA VISTA PANORAMICA DE LA LOCALIDAD DE LAS SUCCHA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL - V PROGRAMA DE TITULACION PROFESIONAL EXTRAORDINARIA: "ELECTRIFICACIÓN RURAL Y BOMBEO DE AGUA UTILIZANDO PANELES SOLARES EN EL CASERÍO SUCCHA DISTRITO DE BAMBAMARCA PROVINCIA DE HUALGAYOC DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"



EN LAS IMÁGENES SE MUESTRA VISTA PANORAMICA DE LA LOCALIDAD DE LAS SUCCHA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL - V PROGRAMA DE TITULACION PROFESIONAL EXTRAORDINARIA: "ELECTRIFICACIÓN RURAL Y BOMBEO DE AGUA UTILIZANDO PANELES SOLARES EN EL CASERÍO SUCCHA DISTRITO DE BAMBAMARCA PROVINCIA DE HUALGAYOC DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"



EN LAS IMÁGENES SE MUESTRA VIVIENDA DE LA ZONA SIN CONECCION AL SERVICIO ELECTRICO

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL - V PROGRAMA DE TITULACION PROFESIONAL EXTRAORDINARIA: "ELECTRIFICACIÓN RURAL Y BOMBEO DE AGUA UTILIZANDO PANELES SOLARES EN EL CASERÍO SUCCHA DISTRITO DE BAMBAMARCA PROVINCIA DE HUALGAYOC DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"



EN LAS IMÁGENES SE MUESTRA VISITA DE CAMPO DEL SUSTENTANTE PARA RECOPIACION DE DATOS

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL - V PROGRAMA DE TITULACION PROFESIONAL EXTRAORDINARIA: "ELECTRIFICACIÓN RURAL Y BOMBEO DE AGUA UTILIZANDO PANELES SOLARES EN EL CASERÍO SUCCHA DISTRITO DE BAMBAMARCA PROVINCIA DE HUALGAYOC DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"



EN LAS IMÁGENES SE MUESTRA EL MANANTIAL DE DONDE SE CAPTARA EL AGUA A IMPULSAR

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL - V PROGRAMA DE TITULACION PROFESIONAL EXTRAORDINARIA: "ELECTRIFICACIÓN RURAL Y BOMBEO DE AGUA UTILIZANDO PANELES SOLARES EN EL CASERÍO SUCCHA DISTRITO DE BAMBAMARCA PROVINCIA DE HUALGAYOC DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"



EN LAS IMÁGENES SE MUESTRA MEDICION DE LA LINEA DE IMPULSION Y RECOPILACION DE DATOS

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL - V PROGRAMA DE TITULACION PROFESIONAL EXTRAORDINARIA: "ELECTRIFICACIÓN RURAL Y BOMBEO DE AGUA UTILIZANDO PANELES SOLARES EN EL CASERÍO SUCCHA DISTRITO DE BAMBAMARCA PROVINCIA DE HUALGAYOC DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"