



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

II PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN
SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ELECTRIFICAR EL CASERÍO
CUÑISH GRANDE UBICADO EN SAN LUIS – SAN PABLO -
CAJAMARCA”**

Autor:

Br. NIXON ANTONY AGUILAR PANTA

Asesor:

Ing. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA

LAMBAYEQUE – PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



II PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN
SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ELECTRIFICAR EL CASERÍO
CUÑISH GRANDE UBICADO EN SAN LUIS – SAN PABLO -**

Presentado Por:

Br. NIXON ANTONY AGUILAR PANTA

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE:

SECRETARIO:.....

VOCAL:.....

ASESOR:.....

Lambayeque – Perú

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

II PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

TITULO

“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ELECTRIFICAR EL CASERÍO CUÑISH GRANDE UBICADO EN SAN LUIS – SAN PABLO - 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: Br. NIXON ANTONY AGUILAR PANTA

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

ASESOR

Lambayeque – Perú

2018

DEDICATORIA

*A Dios por iluminar mi camino
A mis padres José Aguilar y Rogelia Panta,
y familiares que
siempre están a mi lado para apoyarme en
todos los aspectos de mi vida, y me han dado siempre lo mejor
sin importar las circunstancias.*

Nixon Antony Aguilar Panta

AGRADECIMIENTO

A Dios:

*Por la dicha de la vida, por guiarme en cada paso de mi vida, por darme la
fortaleza necesaria para luchar por todos mis sueños.*

*A los docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
especialmente al Ing. Msc. Carlos Javier Cotrina Saavedra, mi asesor de este
examen de suficiencia profesional por ser la persona que me guio de la mejor
manera.*

RESUMEN

El motivo principal de este examen de suficiencia fue el dimensionamiento de un sistema de generación solar fotovoltaica para electrificar al caserío Cuñish Grande ubicado en el distrito de San Luis, provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca, el cual tiene actualmente 27 viviendas y 01 local comunal. Los componentes de la instalación fotovoltaica La instalación fotovoltaica estará compuesta por 24 paneles fotovoltaicos de 260 Wp de potencia cada uno, 16 baterías de 357 Ah, 02 reguladores de carga y 02 inversores. La potencia instalada del sistema de captación de energía de 6,24 kWp. Se dimensionó la red de distribución secundaria. El costo total referencial incluyendo las redes de distribución secundaria ascienden a un valor de S/. 174 450,91. Se estimó que 73 258,61 kg de CO₂ se dejarían de emitir al medio ambiente con la implementación de este trabajo de investigación.

Palabras clave: Energía solar, panel solar, emisiones de CO₂, inversor

ABSTRACT

The main reason for this sufficiency examination was the sizing of a solar photovoltaic generation system to electrify the Cuñish Grande farmhouse located in the district of San Luis, province of San Pablo, department of Cajamarca, which currently has 27 homes and 01 local communal. The components of the photovoltaic installation The photovoltaic installation will consist of 24 photovoltaic panels of 260 Wp each, 16 batteries of 357 Ah, 02 charge regulators and 02 inverters. The installed power of the energy capture system of 6.24 kWp. The secondary distribution network was dimensioned. The total referential cost, including secondary distribution networks, amounts to S /. 174 450.91. It was estimated that 73 258.61 kg of CO₂ would stop emitting into the environment with the implementation of this research work.

Keywords: Solar energy, solar panel, CO₂ emissions, inverter

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
INTRODUCCIÓN	ix
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	14
2.2.1. Radiación solar	14
2.2.2. Análisis de generación fotovoltaica	22
2.2.3. La celda fotovoltaica	29
2.2.4. Almacenamiento de energía	43
2.2.5. Regulador de carga.....	50
2.2.6. Inversores.....	53
2.2.7. Marco legal.....	57
2.3. Definición conceptual de la terminología empleada.	60
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	67
3.1. Tipo y diseño de investigación	67
3.2. Población y muestra.....	68
3.3. Hipótesis.....	68
3.4. Operacionalización de las variables	69

3.5. Métodos y Técnicas de investigación.....	69
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados.....	70
3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos	71
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.....	72
4.1. Propuesta de la investigación	72
4.1.1. Equipos del sistema solar fotovoltaico propuesto.....	72
CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	74
5.1. Calculo de la energía promedio diaria	74
5.2. Calculo de la energía eléctrica.....	74
5.2.1. Consumo de energía necesaria diaria (Wh/día)	74
5.3. Evaluación de la Radiación Solar	77
5.4. Dimensionamiento del sistema fotovoltaica	82
5.4.1. Dimensionamiento del generador fotovoltaico.....	82
5.4.2. Dimensionamiento del banco de baterías	85
5.4.3. Dimensionamiento del Regulador de carga.....	86
5.4.4. Dimensionamiento del inversor	89
5.4.5. Sección mínima del conductor para el tramo paneles – regulador	93
5.4.6. Cálculo de la sección mínima del conductor para el tramo regulador– inversor	93
5.4.7. Cálculo de la sección mínima del conductor para el tramo batería– regulador	94
5.5. Dimensionamiento del sistema de distribución en 220 V.....	95
5.5.1. Cálculos eléctricos	95
5.5.2. Cálculos mecánicos de conductores autoportantes	102
5.6. Metrado y presupuesto.....	108
5.6.1. Metrado y presupuesto del sistema fotovoltaico	108
5.6.2. Metrado y presupuesto de la red de distribución secundaria	110
5.6.3. Presupuesto total del sistema fotovoltaico, distribución de energía eléctrica en 220 en el caserío Succha - Bambamarca	113
CONCLUSIONES	114
Conclusiones	114
BIBLIOGRAFÍA.....	115
ANEXO N°01. FICHA TÉCNICA DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS SELECCIONADOS	118
ANEXO N°02. FICHA TÉCNICA DE LAS BATERÍAS SELECCIONADAS.....	118
ANEXO N°03. FICHA TÉCNICA DE LOS REGULADORES SELECCIONADOS ...	118

ANEXO N°04. FICHA TÉCNICA DE LOS INVERSORES SELECCIONADOS.....	118
ANEXO N°05. CATALOGO DE CABLES NYY DUPLEX.....	118
ANEXO N°06. EQUIPAMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICO	118
ANEXO N° 07. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN..	118
ANEXO N° 08. PLANO DE MONTAJE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Operacionalización de variables	69
Tabla N° 2: Consumo de energía eléctrica diaria para vivienda particular y local comunal.....	74
Tabla N° 3: tasa de crecimiento para el departamento de Cajamarca.....	76
Tabla N° 4: Consumo de energía promedio diario proyectado del caserío Cuñish Grande	77
Tabla N° 5: Radiación solar en el caserío Cuñish Grande según la NASA	79
Tabla N° 6: Radiación solar en el departamento de Cajamarca con el software Solarius Plus	81
Tabla N° 7: Parámetros de dimensionamiento	82
Tabla N° 8: Características eléctricas del módulo fotovoltaico	83
Tabla N° 9: Especificaciones de los paneles fotovoltaicos.....	84
Tabla N° 10: Especificaciones del regulador MPPT 150/70.....	88
Tabla N° 11: Especificaciones técnicas del inversor MS 2500 4B2.....	90
Tabla N° 12: Caída de tensión por cada tramo de la instalación fotovoltaica	93
Tabla N° 13: Características eléctricas de los conductores NYY	94
Tabla N° 14: Sección de los conductores eléctricos para cada tramo	94
Tabla N° 15: Factor de caída de tensión	96
Tabla N° 16: Caída de tensión para el servicio particular c-I	99
Tabla N° 17: Caída de tensión C-II.....	101
Tabla N° 18: Hipótesis para la ecuación de cambio de estado	103
Tabla N° 19: características de los cables autoportantes.....	105
Tabla N° 20: Calculo mecánico del conductor eléctrico.....	107
Tabla N° 21: valor referencial del sistema fotovoltaico	108
Tabla N° 22: valor referencial para el suministro de materiales para el sistema fotovoltaico.....	109
Tabla N° 23: Valor referencial de la red de distribución eléctrica secundaria	110
Tabla N° 24: suministro de materiales para la red de distribución secundaria.....	111
Tabla N° 25: Valor referencial para el montaje de las redes secundarias	112
Tabla N° 26: Presupuesto para el sistema de generación y distribución de energía eléctrica.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación del distrito de San Luis donde se encuentra el caserío Cuñish Grande	3
Figura N° 2: Radiación solar.....	14
Figura N° 3: Mapa de irradiación mundial	16
Figura N° 4: Mapa geográfico de energía solar incidente diaria promedio anual del Perú- 2003.....	19
Figura N° 5: Balance energético en la biosfera	20
Figura N° 6: Representación del concepto de horas sol pico	22
Figura N° 7: Sistema fotovoltaico aislado de la red eléctrica	22
Figura N° 8: Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica.....	27
Figura N° 9: Sistema fotovoltaico bimodal	28
Figura N° 10: Celular Solar	30
Figura N° 11: Circuito Equivalente de la Celda Solar	31
Figura N° 12:Modulo fotovoltaico.....	34
Figura N° 13: De la célula al sistema fotovoltaico.....	38
Figura N° 14: Reparto de costos de un sistema fotovoltaico	39
Figura N° 15: Distancia mínima entre filas de módulos instalados en el mismo plano	42
Figura N° 16: Baterías para sistemas fotovoltaicos.....	43
Figura N° 17: Profundidad de descarga vs vida útil de la batería	45
Figura N° 18: Banco de baterías.....	48
Figura N° 19: Conexiones en serie.....	49
Figura N° 20: Conexiones en paralelo	50
Figura N° 21: Conexiones del regulador en una instalación fotovoltaica	51
Figura N° 22: Controlador de carga	53
Figura N° 23: Tipos de onda en un inversor	55
Figura N° 24: Radiación solar en el departamento de Cajamarca según SENAMHI... ..	78
Figura N° 25: Radiación solar Según la NASA.....	80
Figura N° 26: Regulador MPPT 150/70 Victron energy	88
Figura N° 27: Inversor de onda pura 48V MS 2500 4B2	90
Figura N° 28: Diagrama de carga C-I.....	98
Figura N° 29: Diagrama de carga C-II	100

INTRODUCCIÓN

El sol es una fuente de energía inagotable, como todas las estrellas el sol es un gigantesco reactor nuclear en el que la masa se convierte en energía radiante continua, esta energía es aprovechada solo por una parte de manera efectiva a la superficie de la tierra en forma de radiación ya que constituye una superficie de captación casi insignificante, al encontrarse a 150 millones de kilómetros, aun así, la potencia que llega es unas 10000 veces mayor que la que proporcionan todas las fuentes energéticas que el hombre emplea.

La energía solar fotovoltaica genera electricidad de una manera limpia sin gran incidencia negativa en el medio ambiente, la facilidad de instalación hace que esta forma de generación eléctrica sea la más utilizada para lugares alejados de la red eléctrica.

El apoyo que el Estado Ecuatoriano está brindando a este tipo de sistemas de generación mediante incentivos económicos, está logrando que las empresas distribuidoras estén implementando sistemas de conexión más eficientes, con líneas de distribución inteligentes mejorando así la calidad del suministro eléctrico¹

En países con las características territoriales y demográficas del Perú el acceso al sistema eléctrico interconectado nacional, no es económicamente factible, por ello la atención de la demanda energética de sus comunidades, tiene que abordarse considerando la instalación de sistemas energéticos independientes.

¹ Ortega Hidalgo, Oscar Ivan, y Andres Guillermo Boada Carabali. «Procedimiento tecnico para la implementacion de microcentrales electricas usando paneles solarss.» Quito, 2013.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

El caserío Cuñish Grande, posee serios problemas sociales y económicos que afectan a su población, dentro de los principales está el desabastecimiento de agua potable, no posee centro de salud la salud, debido a las difíciles situaciones de accesibilidad y lejanía.

Adicional a esto, se presenta otra problemática, la cual agrava la situación, esta problemática corresponde a la falta del suministro de energía eléctrica, 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 caserío. 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 principales².

Por este motivo se desarrolla este estudio, para ayudar a mejorar la calidad de vida de los pobladores del caserío Cuñish Grande para que así sea suministrada por una energía limpia no contaminante ni nocivo para el

² <http://www.bancomundial.org/es/results/2014/09/24/peru-brings-electricity-to-rural-communities>

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

¿Existe el recurso solar suficiente para el funcionamiento de una instalación solar fotovoltaica para lograr electrificar al Cuñish Grande ubicado en el distrito de San Luis provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca?

1.3. Delimitación de la Investigación

Ubicación Geográfica:

El caserío Cuñish Grande se encuentra ubicado en el distrito de San Luis, provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca (Figura N° 1).

La Provincia de San Pablo es una de las 13 provincias del Departamento de Cajamarca, el Departamento de Cajamarca cuenta con 127 Distritos, de los cuales la Provincia de San Pablo cuenta con 04. En el mapa de esta provincia se puede apreciar los distritos con los que cuenta: San Pablo, San Bernardino, San Luis (San Luis Grande) y Tumbaden.

La **Provincia de San Pablo** Limita:

por el norte con la Provincia de Hualgayoc.

por el este con la Provincia de Cajamarca.

por el sur con la Provincia de Contumazá

por el oeste con la Provincia de San Miguel.



Figura N° 1: Ubicación del distrito de San Luis donde se encuentra el caserío Cuñish Grande³

1.4. Justificación e Importancia de la Investigación

Este examen de suficiencia tiene la siguiente justificación:

Ambiente

La implementación de la tecnología fotovoltaica no cuenta con impactos negativos comparables con las energías convencionales, logrando ser junto con otras energías renovables, las energías del futuro por no

³ http://www.perutoptours.com/index06sp_mapa_san_pablo.html

colaborar con el deterioro de la capa de ozono, ya que se alimentan de un recurso considerado infinito que es el sol

Económico

Con la implementación de este sistema de generación fotovoltaico propuesto se lograra suministrar de energía eléctrica lo que abre las puertas al desarrollo, al uso de equipos eléctricos que hasta ahora no han estado funcionando, ya no es necesario comprar baterías, lamparas para iluminación. Se evitarán los largos recorridos y sus costos aun para cargar un celular.

Social

El suministro de energía eléctrica facilitará la posibilidad de activar microempresas, el uso de electrodomésticos para las actividades diarias y acceder a medios que permitan el desarrollo cultural y académico como la televisión, mejorando de esta forma la calidad de vida. Por otro lado, se podrá mejorar el acceso al servicio de salud, con un servicio continuo y reactivar la economía con el suministro de energía para garantizar la operación de las actividades productivas.

Científico

Promover el uso de las energías no convencionales.

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 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.

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

Escasa bibliografía para el dimensionamiento de sistemas de generación solar fotovoltaica.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Es el dimensionamiento de un sistema de generación solar fotovoltaico para electrificar al caserío Cuñish Grande ubicado en el distrito de San Luis, provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca.

1.6.2. Objetivo Específicos

- a) Determinar la energía promedio diaria proyectada para la población del caserío Cuñish Grande.
- b) Determinar el valor de radiación solar promedio diario en la zona del proyecto.
- c) Dimensionar los componentes del sistema solar fotovoltaica.
- d) Presupuestar la instalación fotovoltaica y sistema de distribución.

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

Macías Alvarado Rodrigo Andrés en su tesis “Estudio Teórico y Experimental sobre el Dimensionamiento de Paneles Fotovoltáicos para la Creación de Micro – Centrales de Energía Solar en Viviendas de Sectores Rurales de Valdivia”, nos dice que: En concreto, la energía solar fotovoltaica, como fuente renovable, presenta una fórmula energética mucho más respetuosa con el medio ambiente que cualquier energía convencional, debido a que se dispone de recursos inagotables a escala humana para cubrir las necesidades energéticas.

La conversión fotovoltaica se basa en el efecto fotoeléctrico, es decir, en la conversión de la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica. Para llevar a cabo esta conversión se utilizan unos dispositivos denominados células solares, constituidos por materiales semiconductores en los que se ha creado un campo eléctrico constante. Estas células conectadas en serie o paralelo forman un panel solar encargado de suministrar la tensión y la corriente eléctrica.

La energía eléctrica es un servicio básico fundamental para el desarrollo humano, sin embargo, en las zonas rurales muy pocos habitantes tienen este servicio. El acceso a través del tendido de la red nacional se hace cada vez más costoso y difícil por ser poblaciones ubicadas en zonas aisladas y el costo adicional que significa extender el tendido para atender a comunidades con pocos habitantes. Por otro lado, los grupos generadores diesel son un constante gasto para estas poblaciones, que son muchas veces pobres⁴.

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,

⁴ Macías Alvarado, Rodrigo Andrés. *Estudio teórico y experimental sobre el dimensionamiento de paneles fotovoltaicos para la creación de una micro-centrales de energía solar en viviendas de sectores rurales de Valdivia*. Valdivia, Chile, 2011.

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 fotovoltaica⁵.

Contexto Nacional

Abad Mariños Paúl Simón y Flores Mendo Edwinds Alex en su tesis “Dimensionamiento de un Sistema Fotovoltaico Autónomo para Reducir el Consumo de Combustible en la Plataforma de Descarga de la Pesquera Exalmar – Chimbote Perú”, nos dice que: El aprovechamiento del hombre de las fuentes de energía renovable, entre ellas las energías solares, eólica e hidráulica, es muy antiguo; desde muchos siglos antes de nuestra era ya se utilizaban y su empleo continuó durante toda la historia hasta la llegada de la "Revolución Industrial", en la que, debido al bajo precio del petróleo, fueron abandonadas.

Durante los últimos años, debido al incremento del coste de los combustibles fósiles y los problemas medioambientales derivados de su explotación, estamos asistiendo a un renacer de las energías renovables.

Las energías renovables son inagotables y además tienen la ventaja adicional de complementarse entre sí, favoreciendo la integración entre

⁵ Acevedo Garces, F. (2016). *Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios*. Bogota.

ellas. Por ejemplo, la energía solar fotovoltaica suministra electricidad los días despejados (por lo general con poco viento, debido al dominio del anticiclón), mientras que en los días fríos y ventosos, frecuentemente nublados, son los aerogeneradores los que pueden producir mayor energía eléctrica.

En este informe se dimensiono un sistema fotovoltaico aislado para la plataforma de descarga de pesquera Exalmar S.A.A con la finalidad de sustituir el consumo del GG.EE. FG Wilson P40-3S, lo cual significa un costo de 14 608 U\$\$ anuales que se dejaran de gastar con la implementación de este proyecto.

También en este informe hablamos de la necesidad de usar materiales adecuados para una instalación en el mar con el fin de poder alargar la vida útil de dicha instalación⁶

Así mismo **Delfor Flavio Muños Anticona** 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,

⁶ Abad Mariños, Paul Simon, y Edwins Alex Flores Mendo. «Dimensionamiento de un Sistema Fotovoltaico Autónomo para Reducir el Consumo de Combustible en la Plataforma de Descarga de la Pesquera Exalmar – Chimbote Perú.» Chimbote, 2016.

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

Según **Dionicio Paico Carlos Alberto y Naupari Quiroz Victor Branco** en su tesis “Instalación de un Sistema Fotovoltaico Domiciliario en Beneficio de la Calidad de Vida de la Localidad de Huarascalles, Ancash”, nos dice que: La presente investigación de tesis se enfocó en el desarrollo de un sistema fotovoltaico domiciliario para el beneficio de la calidad de vida de los pobladores de la localidad de Huarascalles en Ancash, Perú.

El proyecto estuvo enmarcado en el tipo de investigación aplicada al dimensionamiento de una instalación fotovoltaica domiciliaria, de acuerdo a la obtención de datos es proyectiva y fundamentada y según las fuentes de información es una investigación documental.

En la primera parte se presenta el planteamiento de la investigación en donde encontramos la identificación del problema que es el difícil acceso del suministro eléctrico en las localidades rurales del país, debido a las largas distancias de las viviendas en la misma comunidad y a la baja demanda eléctrica. En referencia al marco teórico, los antecedentes del estudio de este tipo de energía tanto en América Latina como en el Perú vienen siendo utilizados para el desarrollo de las comunidades rurales. Respecto a la metodología utilizada en la investigación, se dividió en dos etapas: La primera etapa fue la obtención de los datos de la población (mediante encuestas asistidas), la evaluación de los beneficios e impactos negativos de la electricidad y un previo análisis del diseño eléctrico. La segunda etapa planteamos la elaboración del diseño del sistema

fotovoltaico domiciliario que comprende el estudio de irradiación solar y dimensionamientos de los equipos.

Los resultados de acuerdo a las encuestas realizadas no direccionan la conclusión que el suministro eléctrico mediante energía solar fotovoltaica en la localidad de Huarascalle beneficia en la calidad de vida de la población en distintos aspectos tanto en los sociales como productivos.

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 domicilios⁷⁷.

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

⁷⁷ 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.

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 superior⁸

⁸ 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.

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado

2.2.1. Radiación solar⁹

En el núcleo del sol se producen constantemente reacciones de fusión a temperatura de millones de grados kelvin que liberan enormes cantidades de energía en forma de radiación electromagnética (ver Figura N° 2). La radiación que emite el sol tarda aproximadamente 8 minutos en alcanzar la tierra, viaja a razón de 300,000 km/s. De la radiación solar solo llega un 51.6% a la superficie de la tierra. Los restantes 48.4% se pierde como reflexión (31%) y absorción (17.4%) en la capa de aire. La radiación solar se mide en kW/m^2 o por MJ/m^2 .

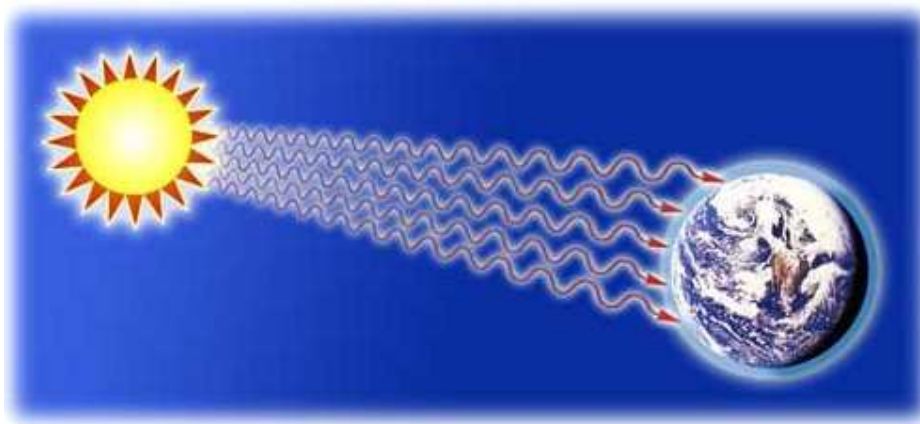


Figura N° 2: Radiación solar¹⁰

⁹ Abad Mariños, Paul Simon, y Edwins Alex Flores Mendo. «Dimensionamiento de un Sistema Fotovoltaico Autónomo para Reducir el Consumo de Combustible en la Plataforma de Descarga de la Pesquera Exalmar – Chimbote Perú.» Chimbote, 2016.

¹⁰ <http://www.mundorespuestas.com/2013/04/en-que-unidades-se-mide-la-radiacion.html>

2.2.1.1. Energía Solar en el Mundo¹¹

Este mapa de recursos solares proporciona un resumen del potencial estimado de generación de energía solar fotovoltaica (FV) en todo el mundo. representa la suma promedio diario / anual de producción de electricidad de una planta de energía FV solar conectada a la red de 1 kW pico, calculada para un período que comprende los años más recientes, desde 1994/1999/2007 (dependiendo de la región geográfica) hasta 2015.

posición fija, con una inclinación óptima para maximizar el rendimiento energético anual. Se asume el uso de inversores de alta eficiencia.

¹¹ Basantes Torres, Eduardo Alejandro, y Luis Freddy Lechon Gonza. «Análisis técnico económico para la implementación de una central solar fotovoltaica en la parroquia de San Antonio de Pichincha.» Quito, 2012.

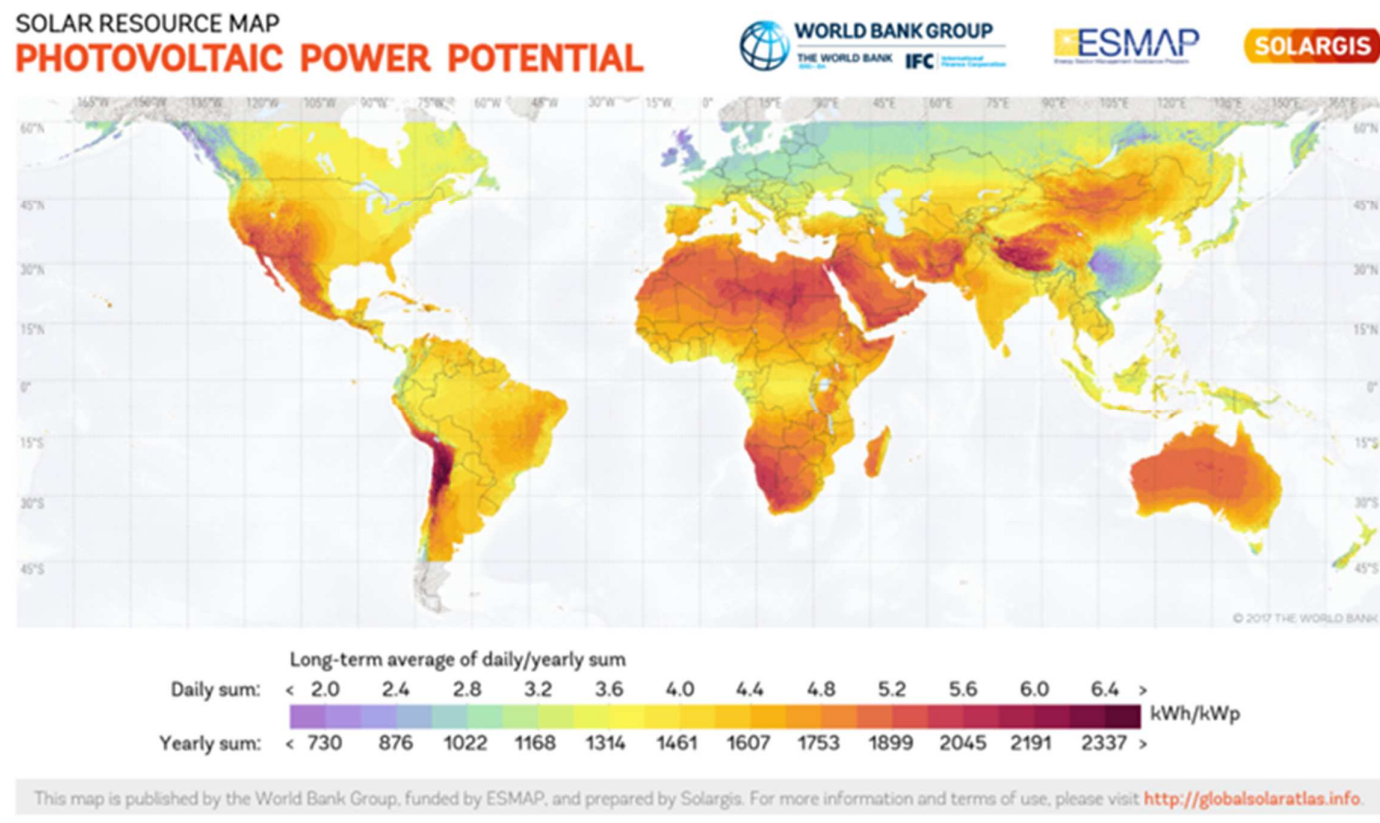


Figura N° 3: Mapa de irradiación mundial¹²

¹² <http://globalsolaratlas.info/?c=23.079732,-77.519531,3&s=-7.1567,-78.5173>

2.2.7.3. Energía Solar en el Perú¹³

El Perú está considerado entre los 6 países con mayor incidencia de energía solar en el planeta. Al encontrarse entre el paralelo 0° 08' Latitud Norte y 18° 13' Latitud Sur, dentro de los trópicos, dispone de energía solar con poca variación anual, en comparación con latitudes medias y altas. Los valores extremos de radiación solar, son en promedio de 340 y 150 W/m² durante los meses de verano e invierno, respectivamente; esto es ignorando la presencia de la capa atmosférica. Esta poca variación se atribuye al hecho que en estas latitudes los rayos solares son casi perpendiculares a la superficie terrestre

durante todo el año, dando lugar a una máxima incidencia de la radiación solar por unidad de área y tiempo. La presencia de la atmósfera reduce considerablemente la radiación solar incidente sobre la superficie de la tierra, puesto que la atmósfera, en función a sus constituyentes gaseosos y aerosoles presentes en ella, tiene la capacidad de absorber, dispersar y reflejar la radiación solar. Así por ejemplo, las cifras antes citadas, se reduce aproximadamente a 240 y 100 W/m², si se considera que la atmósfera transmite solo un 70% de la radiación solar. La cantidad de radiación transmitida por la atmósfera es menor si mayor es la concentración de Ozono, vapor de agua, dióxido de carbono y aerosoles en la atmósfera. La concentración y cantidad de los 3 últimos disminuye con la altitud; por esta razón en el Perú, debido a su orografía la radiación solar incidente aumenta considerablemente en la Sierra peruana. Esta

¹³ (Ramírez Quiroz 2015)

región se encuentra principalmente entre los 2000 y 3000 metros de altitud y ocupan un 30 % del territorio nacional. En las zonas de mayor altitud; como la Meseta Titicaca y las Pampas de Junín, la radiación incidente es mucho mayor. La intensidad y cantidad de radiación solar incidente sobre la superficie es también controlada por la clase y cantidad de nubes presentes durante el día, y aquellas predominantes durante el año. En la costa peruana, específicamente en Pisco - Ica y Costa Norte, el cielo está despejado casi todo el año permitiendo una mayor incidencia de radiación solar. En el resto de la costa baja, la radiación solar incidente aumenta marcadamente de invierno a verano por efectos estacionales y la disminución de la nubosidad. En la sierra ceja de selva, la nubosidad es mínima o nula en el invierno y la cantidad de vapor de agua es muy pequeña. Las nubes predominantes en la Sierra y Selva son de corta vida durante el verano, lo cual no disminuye mucho la radiación incidente sobre la superficie (Loayza Ochoa 2012).

Análisis técnico económico para la implementación de una central solar fotovoltaica en la parroquia de San Antonio de Pichincha

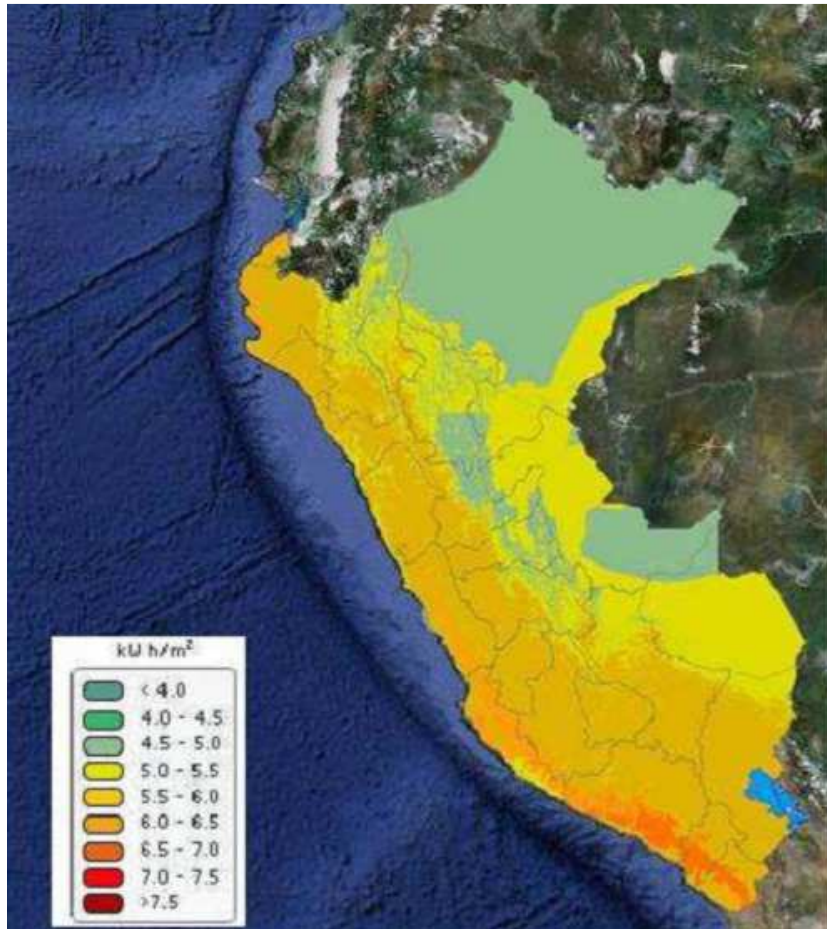


Figura N° 4: Mapa geográfico de energía solar incidente diaria promedio anual del Perú- 2003¹⁴

2.2.1.2. La relación entre el sol y la tierra

En la superficie terrestre la insolación diaria queda bastante alejada de los niveles extra atmosféricos, por efecto de la absorción, la reflexión (efecto “albedo”) y la dispersión de radiación por parte de las nubes y del resto de elementos químicos en suspensión, además de recortar los niveles de radiación directa que llega a la Tierra la transforman en radiación difusa. Como ejemplo, en días soleados más del 90% de la radiación es directa,

¹⁴ DEP-MEM: atlas de energía solar del Perú.

superando $1,000 \text{ W/m}^2$ a nivel de la superficie de la Tierra; en cambio, para días semi nublados se reduce hasta 600 W/m^2 , en días nublados llega a 300 W/m^2 y en días con niebla se puede llegar hasta 100 W/m^2 . La energía emitida por el sol varía según: la hora del día, la inclinación estacional del globo terráqueo respecto del Sol, las distintas zonas de la superficie terrestre, absorción de la radiación por la atmósfera, etc (Basantes Torres y Lechon Gonza 2012).

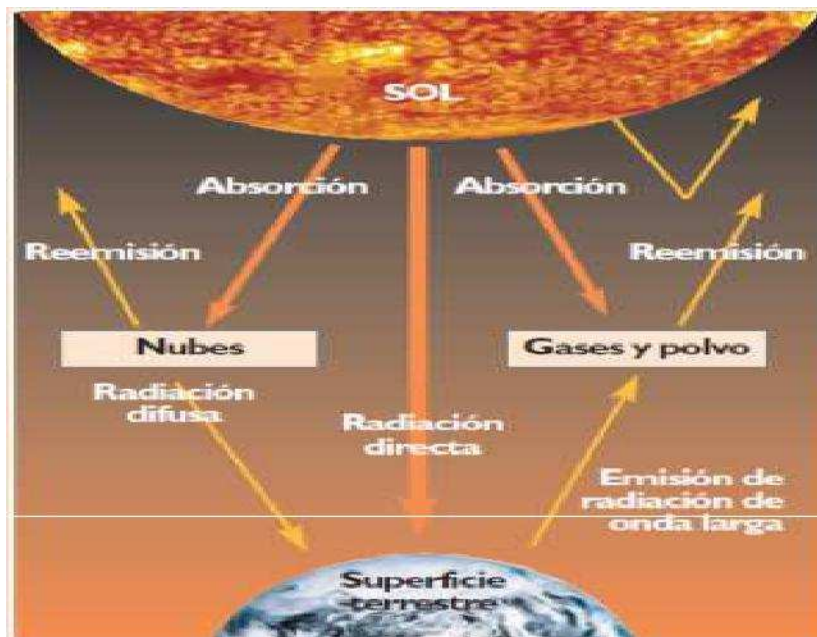


Figura N° 5: Balance energético en la biosfera¹⁵

¹⁵ Basantes Torres, Eduardo Alejandro, y Luis Freddy Lechon Gonza. «Análisis técnico económico para la implementación de una central solar fotovoltaica en la parroquia de San Antonio de Pichincha.» Quito, 2012.

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

La hora solar pico (HSP), podríamos definirla como una unidad encargada de medir la irradiación solar y definirla como el tiempo (en horas) de una hipotética irradiancia solar constante de $1\,000\text{ W/m}^2$ (ver Figura N° 6).

En todas las fichas técnicas de los paneles fotovoltaicos, debe (o debería) aparecer las características eléctricas del panel (P_{max} , U_{oc} , U_{mpp} , I_{sc} y I_{mpp}) en unas condiciones de medida estandarizadas conocidas como STC (del inglés Standard Test Conditions) o condiciones de prueba estándar. Precisamente en estas condiciones, aparte de otros parámetros, se indica que la irradiancia es de 1.000 W/m^2 , o lo que es lo mismo una hora solar pico. Llegados a este punto, ya podríamos intuir que la irradiancia no es igual en el tiempo, o dicho en lenguaje más llano, durante el día ni el año.

Es importante conocer cómo calcular HSP pues de ello depende el éxito del proyecto de la instalación, pues como veréis la irradiancia no será la misma en ningún mes del año, y para instalaciones dónde su uso sea anual es imposible obtener un resultado satisfactorio calculando en los meses de más alta irradiancia pues de este modo, en los meses de más baja irradiancia, la instalación no cubriría las necesidades reales. (Energema elektra group company s.f.)

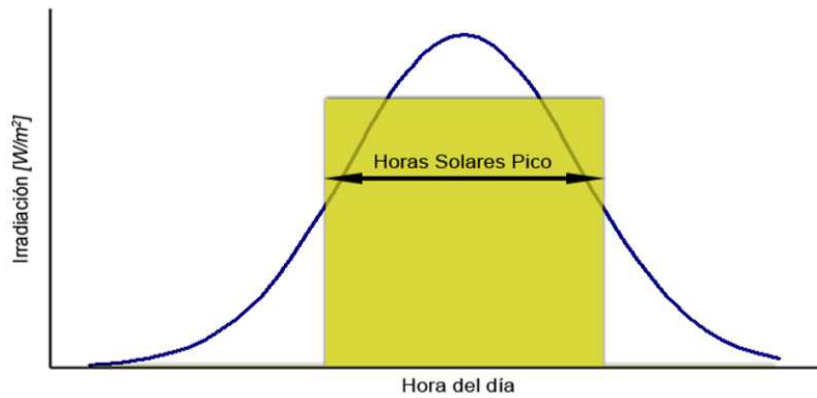


Figura N° 6: Representación del concepto de horas sol pico¹⁶

2.2.2. Análisis de generación fotovoltaica

2.2.2.1. Tipos de sistemas de generación fotovoltaica

a) Sistema fotovoltaico totalmente aislado de la red eléctrica

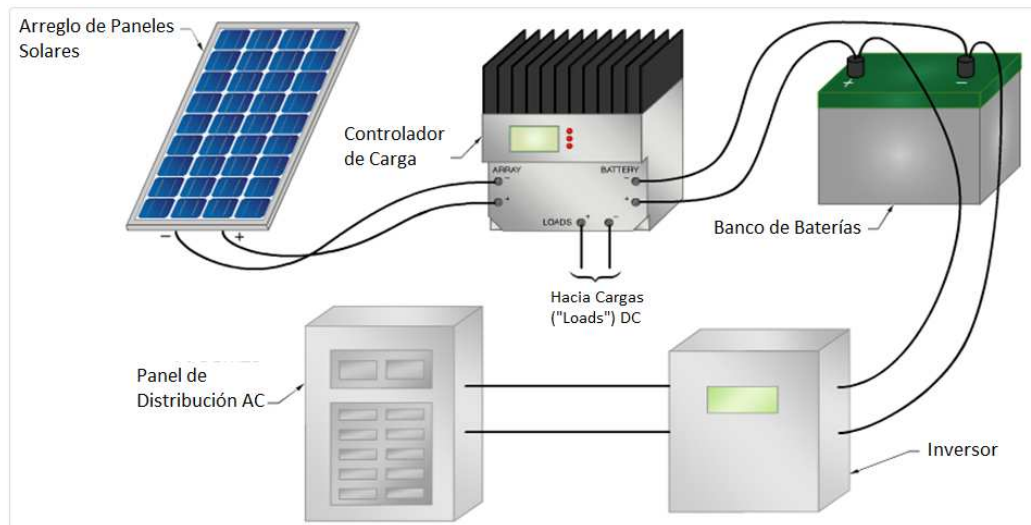


Figura N° 7: Sistema fotovoltaico aislado de la red eléctrica¹⁷

¹⁶ Valdiviezo Salas, Paulo Daniel. «Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP.» Lima, 2014

¹⁷ <http://panelessolarespr.com/solar101.html#parte2>

Cuando hablamos de instalar "*paneles solares*" en nuestro hogar o negocio, el **sistema fotovoltaico "*stand-alone*"** es el que todos soñamos tener. Este sistema esta desconectado totalmente de la red eléctrica de la *Autoridad de Energía Eléctrica (AEE)*. O sea que si usted instala un sistema "*stand-alone*" en su propiedad usted va a producir su propia energía independizándose totalmente de la AEE.

Un sistema "*stand-alone*" bien diseñado le debe cubrir sus necesidades energéticas las 24 horas los 365 días del año. El sistema "*stand-alone*" requiere un banco de baterías para almacenar energía, un controlador de carga y un inversor del tipo "*stand-alone*". Muchos usuarios de sistemas "*stand-alone*" dividen los equipos (cargas) de su hogar en cargas AC y cargas DC. Cuando se tiene este tipo de sistema se trata de tener la mayor cantidad posible de cargas DC. La ventaja de tener cargas DC es que la energía que producen los módulos fotovoltaicos ("*paneles solares*") no tiene que ser transformada en energía AC. Recordando que los inversores no son 100% eficientes, esto evita perdidas de energías durante el proceso de conversión de DC a AC. La desventaja de los equipos DC es que no son la norma en el mercado, por lo tanto son más difíciles de conseguir (solamente se consiguen en tiendas especializadas) y tienden a ser más costosos que su equivalente en AC.

Un ejemplo de equipos o cargas que se pueden adquirir en DC son la iluminación (lámparas y bombillas) y la nevera. Existen neveras de alta eficiencia que trabajan con voltaje DC y vienen diseñadas para instalarse en lugares que se energizan con sistemas

fotovoltaicos "*stand-alone*". El problema es que esta nevera no la vas a conseguir ni en *Sears*, ni en *Wal-Mart*, ni en *Home-Depot*.

El sistema "*stand-alone*" requiere de un banco de baterías para almacenar la energía que se utiliza durante la noche y en los días nublados. Dependiendo el consumo de energía del usuario es que va a ser el tamaño del banco de baterías. Otro factor que afecta el tamaño del banco es la cantidad de energía que se desea almacenar para los casos en que ocurran varios días nublados consecutivos. ¿Se quiere almacenar energía para un día, para dos o para tres? Mientras más días de resguardo, más grande el banco de baterías y más alto el costo.

Hay controladores de carga de sistemas "*stand-alone*" que están diseñados para conectarle una turbina de viento o aerogenerador. Este sistema ofrece la flexibilidad que la energía eólica (viento) contribuya a cargar las baterías del sistema durante los momentos que haya poco o ningún sol.

El sistema fotovoltaico "*stand-alone*" es muy costoso. Por esta razón no es un sistema muy recomendado. Si usted consume muy poca energía eléctrica o si usted vive en un lugar remoto donde no hay infraestructura eléctrica (como una aldea en un lugar remoto en *Africa*, las *Amazonas* o el *Polo Norte*) pues en este caso sí que es recomendable un sistema "*stand-alone*". De lo contrario hay otras dos opciones mejores que vamos a discutir próximamente.

b) Sistemas fotovoltaicos conectados a red

Tienen como objetivo principal maximizar anualmente la producción de energía eléctrica que es inyectada a la red. Estos sistemas se están utilizando sobre tejados en viviendas e industrias (integración en edificios), y para plantas de generación de energía (centrales fotovoltaicas). También existe otro tipo de aplicaciones en las cuales los módulos fotovoltaicos son utilizados como elementos constructivos en diversos entornos urbanos, tales como barreras antisonido en autopistas y vías de tren, cubiertas de piscinas y aparcamientos, etc.

La potencia nominal de las instalaciones en viviendas o edificios en general está relacionada con la superficie útil disponible para la instalación del generador fotovoltaico, aproximadamente de 8 a 10 m² por kWp en función del rendimiento del generador fotovoltaico. La potencia típica de la mayor parte de las instalaciones se sitúa en torno a los 5 kWp en viviendas y hasta 100 kWp en otras instalaciones (edificios e integración urbana). La conexión a red de este tipo de instalaciones se puede realizar directamente a la red de baja tensión, en modo monofásico hasta 5 kW y en trifásico para el resto.

Otro tipo de instalaciones fotovoltaicas de conexión a red son las centrales fotovoltaicas de generación eléctrica, con potencias nominales superiores a los 100 kWp, suelen disponer de una conexión a la red eléctrica en media o alta tensión, disponiendo de un centro de transformación en el que se eleva la tensión de salida de los inversores fotovoltaicos adecuándola a la tensión de la línea eléctrica. Además de generar energía eléctrica, también pueden laminar los picos de demanda

de consumo eléctrico que normalmente ocurren simultáneamente con los picos de generación fotovoltaicos, al mediodía.

Pueden ser utilizadas para mejorar la calidad de la red en redes locales muy alejadas de los puntos de generación o incluso para el control voluntario de generación de energía reactiva.

Un sistema fotovoltaico conectado a red e integrado en viviendas puede inyectar el excedente de energía no consumida en la vivienda y utilizar a la red en lugar del sistema de baterías para abastecerse cuando no hay radiación solar suficiente. (ver Figura N° 8)

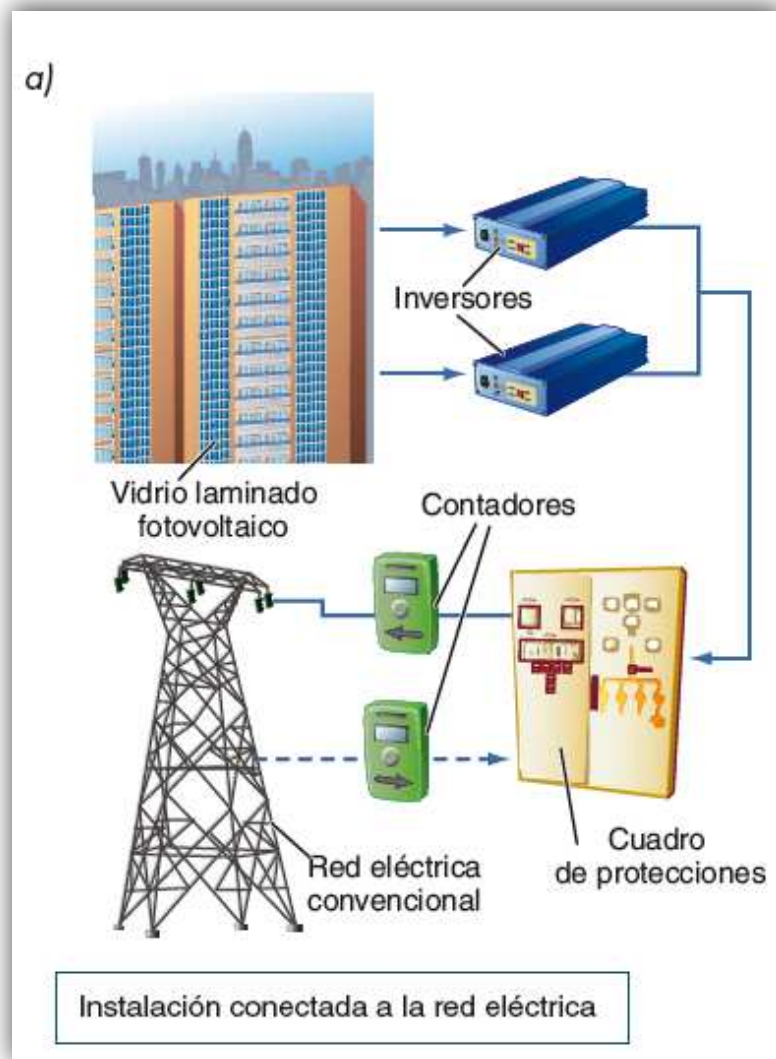


Figura N° 8: Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica¹⁸

Este método de operación tiene la ventaja de que cuando se consume de la red, las tarifas eléctricas son más bajas. Los usuarios de sistemas conectados a la red eléctrica no sólo reducen la cantidad de electricidad que compran a la compañía eléctrica, sino que contribuyen a la disminución de la

¹⁸ (Díaz Corcobado 2008)



¹⁹ <http://panelessolarespr.com/solar101.html#parte2>

loads”). A este panel se conectan los equipos que nosotros deseamos que se mantengan operando en caso de una avería en la AEE. Normalmente son equipos que no consuman mucha energía como varias bombillas y varios receptáculos, y adicional a estos la nevera. En otras palabras, esto es un sistema de “*back-up*” de emergencias. Si el cliente desea en un sistema de “*back-up*” se pueden incluir aires acondicionados, pero esto significa que el banco de baterías tiene que ser más grande lo que es igual a más costoso.

Este sistema es más costoso que un sistema “*grid-tied*”, pero normalmente es mucho más económico que uno “*stand-alone*”. El tener un banco de baterías, aunque sea pequeño, añade unas tareas de mantenimiento que no existen en los istemas “*grid-tied*”. La complejidad de este sistema es en la instalación donde hay que dividir las cargas (enseres o equipos) en dos paneles eléctricos distintos. Esto puede ser una tarea bastante compleja.

2.2.3. La celda fotovoltaica

La célula solar está fabricada de materiales semiconductores tales como: Silicio, Galio, Indio, etc. cuya propiedad consiste en absorber parte de los fotones de la luz incidente, transmitiendo esta energía a los electrones de valencia del semiconductor, rompiendo el enlace y convirtiéndose en electrones libres para circular dentro del

semiconductor. El movimiento de electrones origina una corriente eléctrica en el semiconductor, que se aprovecha cuando se conecta una carga al sistema.

La célula tiene un tamaño de 10 por 10 centímetros y se interconectan unas con otras para formar módulos solares. Cada una de ellas produce un voltaje individual de 0,5 a 0,6 V, se requieren 36 celdas solares para producir en circuito abierto 20 V. el cual es suficiente para cargar una batería de 12 volts.

La eficiencia de conversión de estos sistemas se define como la razón de la máxima potencia eléctrica entregada por la célula y la potencia luminosa incidente en ella. La eficiencia típica de una célula está en alrededor de 15%. Sin embargo, se considera que un metro cuadrado de células puede proveer potencia suficiente para dar energía y hacer funcionar un televisor mediano. (Ramirez Quiroz 2015)



Figura N° 10: Celular Solar²⁰

²⁰ <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/celda-solar-monocristalina-85057.html>

2.2.3.1. Funcionamiento de la celda solar²¹

El funcionamiento de la célula solar se debe a los fotones que vienen desde el sol que van a impactar sobre la superficie del panel, pero algunos de estos van a traspasar el panel, otro serán reflejados y los demás serán absorbidos por la célula solar.

Estos fotones son lo que van a liberar un electrón hacia la banda de conducción, este electrón liberado luego va a crear un hueco con carga positiva y va a circular en dirección opuesta a la de los electrones. Para poder generar energía eléctrica se necesita que los electrones y huecos vayan en direcciones opuestas para poder crear un campo eléctrico en el interior del semiconductor.

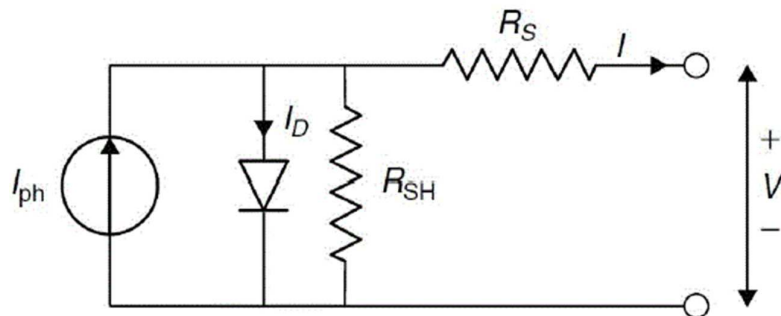


Figura N° 11: Circuito Equivalente de la Celda Solar²²

²¹ (Dionicio Paico y Naupari Quiroz 2016)

²² http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082016000100004

2.2.3.2. Modulo fotovoltaico

Un módulo fotovoltaico se construye mediante la conexión eléctrica de células solares con objeto de incrementar la potencia de salida del conjunto, ya que una célula aislada produce una cantidad de potencia pequeña (3W), de escasa utilidad práctica. El módulo debe protegerse del ambiente y también se debe proteger a sus usuarios de posibles descargas eléctricas. En los siguientes párrafos detallaré como se logra este doble objetivo.

Los módulos fotovoltaicos comerciales habituales constan de 60 células (10×6), aunque los hay con otras combinaciones, por ejemplo 36 (9×4), 72 (12×6), etc. A efectos del desarrollo del artículo, es irrelevante el número de células que tenga. Las células están encapsuladas en el módulo, que es un conjunto unitario estable y rígido, diseñado para funcionar durante decenas de años. El objetivo clave de encapsular las células solares conectadas eléctricamente entre sí es protegerlas a ellas y a sus interconexiones de los entornos de trabajo donde se utilizan, generalmente agresivos: viento, lluvia y cambios de temperatura, que pueden ser muy acusados en instalaciones ubicadas en lugares desérticos con altos niveles de irradiación, la temperatura del módulo puede oscilar entre -10°C durante la noche y cerca de 80°C en las horas centrales del día.

Las células solares de silicio son delgadas ($200\text{ }\mu\text{m}$), por lo que son frágiles y propensas a daños mecánicos y a fracturas a menos que estén protegidas mediante encapsulados rígidos y resistentes. Además, tanto el electrodo frontal depositado sobre la superficie de la célula, como los cables de

interconexión entre ellas se pueden corroer por la acción del agua. Las dos funciones clave del encapsulado que protegen el módulo fotovoltaico son, de una parte, prevenir el daño mecánico y de otra, evitar la corrosión de los contactos eléctricos. De esta manera, se asegura que el tiempo de vida de los módulos fotovoltaicos de silicio sea del orden de 25 años, lo que indica el elevado grado de rigidez y seguridad mecánica y eléctrica que tienen.

Estructura de un módulo fotovoltaico

La estructura de la mayoría de los módulos fotovoltaicos de silicio consta de los siguientes elementos:

- i) Una superficie superior transparente, casi siempre de vidrio similar al de las ventanas de las viviendas.
- ii) Un encapsulante-adhesivo, que generalmente es etilvinilacetato(EVA)
- iii) Una capa posterior, que suele ser Tedlar®
- iv) Un marco de aluminio alrededor del borde exterior, para proporcionar consistencia y rigidez mecánica al módulo.

El conjunto se muestra a continuación en la figura:

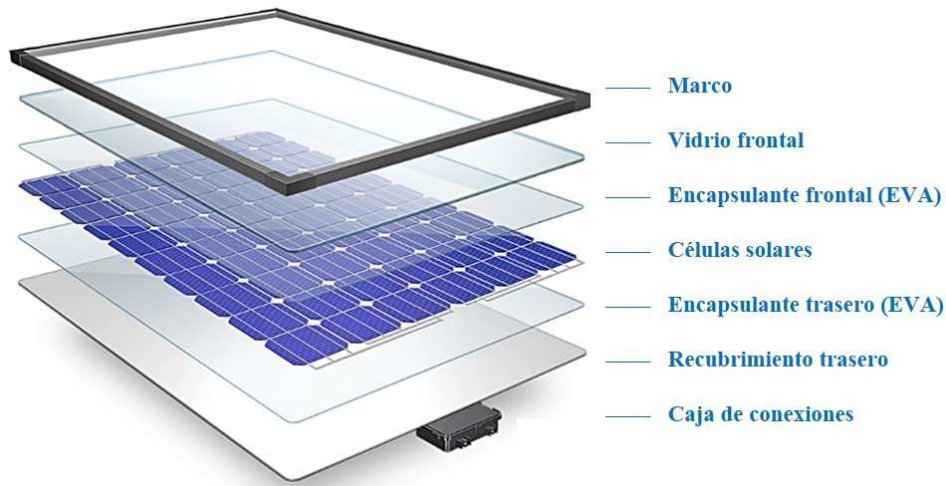


Figura N° 12:Modulo fotovoltaico²³

Estructura y componentes típicos de un módulo fotovoltaico de silicio de 60 células (6×10). En los módulos fabricados con tecnologías de láminas delgadas (CdTe; CGIS), la placa trasera actúa de sustrato donde se fabrican directamente las células solares

Material y características de la superficie frontal

La superficie frontal del módulo debe tener una alta transmitancia en las longitudes de onda del espectro del sol en las que las células solares van a convertir la energía luminosa en energía eléctrica. Para el caso de los módulos con células de silicio, debe ser transparente al espectro visible y el infrarrojo próximo (longitudes de onda comprendidas entre 350 nm y 1200 nm), unido a una baja reflectancia frontal, que se puede reducir aplicando capas antireflectantes a dicha superficie, pero habitualmente no

²³ <http://blogs.publico.es/ignacio-martil/2017/06/23/como-lograr-energia-limpia-y-abundante-de-la-celula-solar-al-sistema-fotovoltaico/>

son lo suficientemente robustas para aguantar las condiciones de trabajo de los módulos.

En ocasiones se realiza un texturizado de la superficie, aunque este método tiene el inconveniente de que pueden acumular polvo, ensuciando y volviendo menos transparente dicha superficie, de modo que estos módulos no son “auto-limpiables” por el viento o la lluvia y las ventajas de la reflexión reducida son rápidamente superados por las pérdidas sufridas debido al aumento de la suciedad de la superficie superior.

Además de sus propiedades ópticas de reflexión y transmisión, la superficie frontal debe ser impermeable, robusta frente a impactos y estable ante una exposición prolongada a rayos ultra violeta, que son muy energéticos. Si el agua de la lluvia o el vapor ambiente entra dentro del módulo, corroerá los contactos y las interconexiones eléctricas, por lo que degradará drásticamente su funcionamiento. Además, la capa frontal forma parte de la estructura global del módulo, con lo que también debe proporcionar gran rigidez mecánica de cara a acomodar adecuadamente las células y el cableado entre ellas.

Hay varias elecciones para cumplir con todos los requisitos anteriores: acrílicos, polímeros y vidrios. El vidrio templado con bajo contenido en hierro es la elección más frecuente, al reunir los requisitos de ser económico, rígido, estable, con elevada transparencia, impermeable al agua, además de ser auto-limpiable.

Encapsulante

El encapsulante es una doble capa que se utiliza para asegurar la adhesión entre las células solares, la superficie frontal y la superficie trasera del módulo, actuando entonces como “pegamento” de los diversos componentes del módulo, tal y como muestra la figura anterior. Debe ser estable frente a temperaturas elevadas y frente a la exposición a los rayos ultra violeta; también debe ser ópticamente transparente y debe tener una baja resistencia térmica. El material usual para cumplir este cometido es el etilvinilacetato (en lo que sigue, EVA). El EVA es una hoja delgada (0,5 mm), en los módulos hay dos, una frontal que se inserta entre el contacto frontal de las células solares y la superficie superior y otra entre el contacto trasero y la superficie posterior del módulo. El conjunto se calienta entonces a 150 ° C para polimerizar (endurecer) el EVA y pegar entre sí los diversos componentes del módulo.

Superficie trasera

La superficie posterior del módulo fotovoltaico debe tener una baja resistencia térmica y debe ser impermeable. En la mayoría de los módulos se utiliza como superficie posterior una hoja delgada de polímero, típicamente

Marco

El componente final de la estructura del módulo es el ribete o el marco del módulo. Un marco convencional está hecho típicamente de aluminio. La

estructura del bastidor debe estar libre de salientes, que podrían dar lugar al embalsado de agua, o a la acumulación de polvo u otras sustancias.

Modularidad de la tecnología fotovoltaica

Dependiendo de la potencia que suministren y por consiguiente, de su tamaño y del uso al que van destinados, los sistemas fotovoltaicos generalmente se clasifican en tres grandes tipos: instalaciones para uso residencial o de autoconsumo, instalaciones para uso industrial y grandes instalaciones o “huertos solares”. Un sistema residencial típico tiene una potencia comprendida en el margen 4-10 kW, y se instala habitualmente en los tejados de la vivienda, mientras que los sistemas para uso industrial y los huertos solares pueden llegar a decenas e incluso centenares de MW y suelen estar instalados en tierra, con orientación fija o con sistemas de seguimiento del sol.

Aunque los sistemas destinados a autoconsumo son pequeñas y tienen un mayor coste por vatio que las grandes instalaciones de los huertos solares, hoy día representan la mayor parte de los sistemas en uso, aunque esto difiere mucho de un país a otro. En Holanda o Alemania, es el tipo de instalación dominante, mientras que en España, los huertos solares son casi todo lo que hay instalado, dada las severas restricciones legales con que el decreto de autoconsumo 900/2015 vigente en la actualidad, penaliza las instalaciones residenciales destinadas a autoconsumo.

Lo relevante de esta variedad de instalaciones, que hace única a la tecnología fotovoltaica, es que independientemente de su tamaño, todos utilizan exactamente la misma tecnología; simplemente hay que añadir

módulos para obtener la potencia deseada. Esta característica de **modularidad** es única en el campo de la generación de energía y no la posee ninguna de las fuentes convencionales de energía (¡no es posible hacer una central nuclear para autoconsumo!). Otras grandes renovables, como la eólica o la hidráulica son también modulares, pero en menor medida que la fotovoltaica. La figura muestra esa característica específica de la tecnología fotovoltaica:

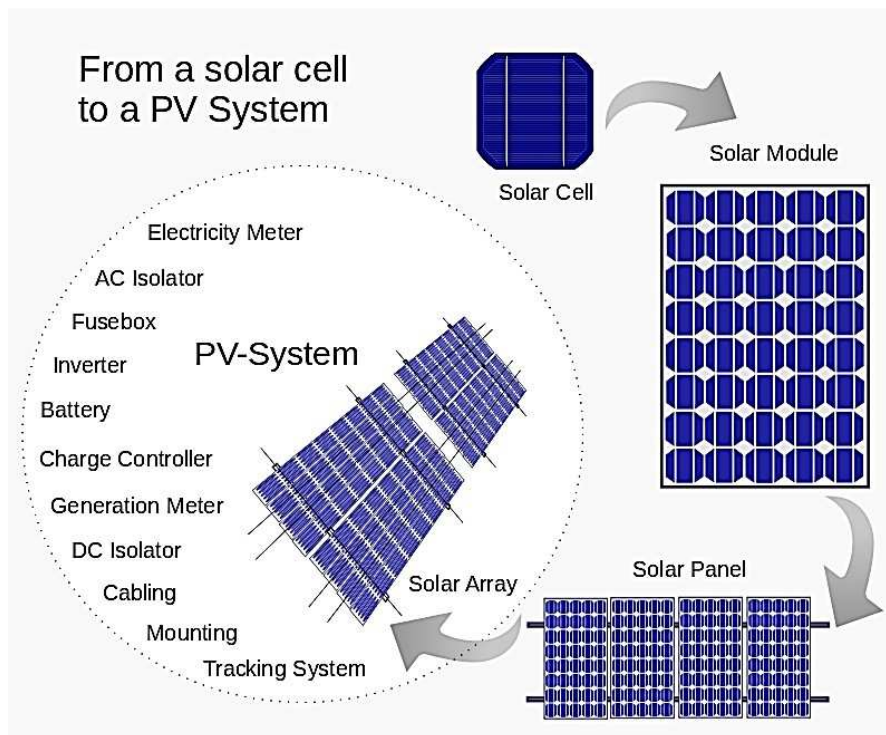


Figura N° 13: De la célula al sistema fotovoltaico²⁴

De la célula solar al sistema fotovoltaico. Todos los componentes de un sistema (inversor, batería, cableado, etc.) son comunes a cualquier instalación, independientemente del tamaño, sea de vatios o de gigavatios

²⁴ <http://blogs.publico.es/ignacio-martil/2017/06/23/como-lograr-energia-limpia-y-abundante-de-la-celula-solar-al-sistema-fotovoltaico/>

Los costes de los sistemas fotovoltaicos

Hay que distinguir dos tipos de costes, que están estrechamente relacionados: los energéticos y los económicos. Los costes energéticos son muy variables y dependientes de la tecnología de las células que utilicen. Así, los costes en términos de energía consumida para fabricarlos son muy elevados en el caso del c-Si y menores en los de mc-Si, CGIS y CdTe; esta tecnología es la menos costosa en términos de energía.

Los costes económicos también varían dependiendo del país y de las primas o incentivos que tenga su utilización, aunque se han reducido muy significativamente en los últimos años, aunque el reparto porcentual del coste de cada elemento del sistema sobre el total no ha variado significativamente en la última década; la siguiente gráfica lo ilustra:

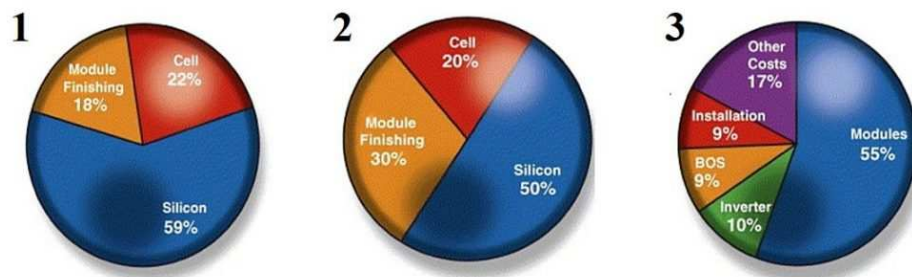


Figura N° 14: Reparto de costos de un sistema fotovoltaico²⁵

Reparto de costes en un sistema fotovoltaico: 1.- Coste energético de fabricación del módulo, desglosado entre sus componentes; 2.- Costes económicos del módulo; 3.- Costes económicos del sistema fotovoltaico ya

²⁵ <http://blogs.publico.es/ignacio-martil/2017/06/23/como-lograr-energia-limpia-y-abundante-de-la-celula-solar-al-sistema-fotovoltaico/>

instalado, con sus diversos integrantes. Fuente: L. L. Kazmerski (Executive Director, Science & Technology, NREL)

En la tecnología de silicio, la célula (es decir, el silicio más el dispositivo) representa el 70% del coste económico y el 80% del coste energético. En las tecnologías que utilizan otros semiconductores (CGIS, CdTe), los costes energéticos son menores, en especial en la de CdTe, en la que representa únicamente el 30% de la de silicio.

La investigación y el desarrollo de la industria fotovoltaica se dirigen a reducir el coste de obtención de la materia prima –el silicio–, a abaratar el precio del proceso de fabricación y a mejorar la eficiencia de la célula y por lo tanto del módulo. Los distintos tipos de módulos fotovoltaicos que existen en el mercado en la actualidad explotan cada uno sus ventajas sobre el resto de tecnologías.

Angulo óptimo de inclinación:

Con la finalidad de maximizar la captación de energía solar, la superficie se debe orientar hacia el Sur si está situada en el hemisferio norte o hacia el Norte si es está en el hemisferio sur.

Para nuestro caso los paneles solares deben estar orientado hacia el norte con un ángulo de inclinación dado por:

$$\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 \times |\varphi|) \dots\dots(1)$$

donde:

β_{opt} : Angulo de inclinación optimo

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

Entonces conociendo la que la latitud es de : -7.10° .

$$\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 \times |-7,10^\circ|)$$

$$\beta_{opt} = 8,60^\circ$$

luego el ángulo óptimo es de $8,60^\circ$ 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.

2.2.3.3. Distancia mínima entre filas de módulos fotovoltaicos

Se trata de un generador fotovoltaico con varias filas de módulos sino se deja la distancia suficiente entre filas se produce el sombreado de las filas posteriores por las delanteras, es necesario dejar una separación mínima entre filas que garantice como mínimo 4 horas de sol, en los días de menor elevación solar (Agustin Castejon s.f.). La distancia mínima que cumple el requisito anterior (ver Figura N° 15)

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg}(61^\circ - \phi)} \dots\dots(2)$$

$$h = L \operatorname{sen}(\beta) \dots\dots(3)$$

$$D = d + L \cos(\beta) \dots\dots(4)$$

Por lo tanto, con las medidas de los módulos FV que son de 1650x992 cm. Y teniendo en cuenta que a cada regulador va conectado.

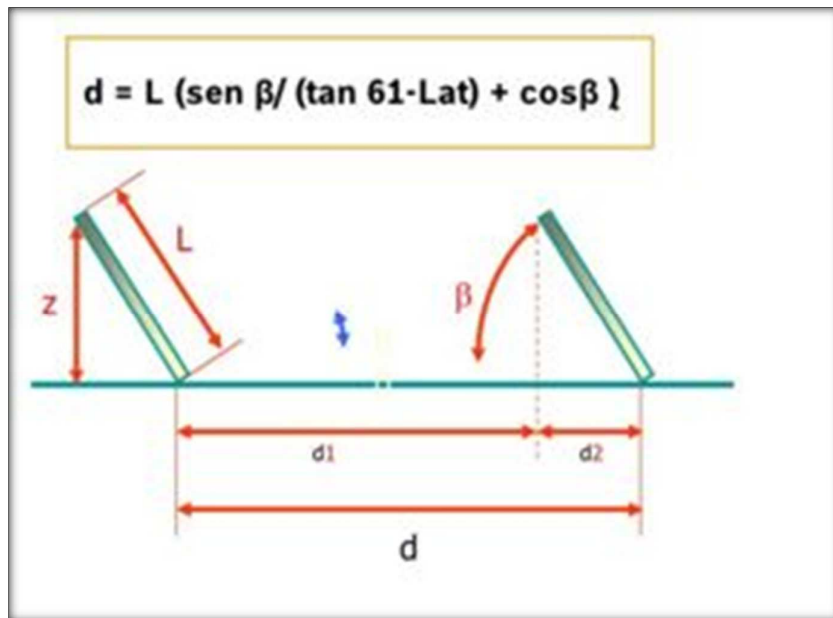


Figura N° 15: Distancia mínima entre filas de módulos instalados en el mismo plano²⁶

$L = 1650 \text{ cm}$

$\beta = 10^\circ$, $\Phi = -7,10^\circ$

Reemplazando en las fórmulas anteriores tenemos:

$h = 286,52 \text{ cm}$

$d = 115,18 \text{ cm}$

$D = 1\,740,11 \text{ cm}$

²⁶ <http://eliseosebastian.com/distancia-entre-panes-fotovoltaicos/>

2.2.4. Almacenamiento de energía



Figura N° 16: Baterías para sistemas fotovoltaicos²⁷

En un sistema fotovoltaico la función de las **baterías** es almacenar energía en exceso que produzca el sistema. La energía que es almacenada en las baterías es utilizada durante la noche o en los periodos de muy poco sol.

Una batería almacena la energía eléctrica en forma de energía química. Cuando las cargas ("*enlaces eléctricos del hogar*") necesitan la energía que esta almacenada en las baterías, esta energía química es convertida en energía eléctrica. Debido a que en una batería ocurren procesos de conversión de energía, siempre en estas conversiones se pierde energía en forma de calor. Por lo tanto las baterías no son 100% eficientes.

²⁷ <http://panelessolarespr.com/solar101.html#parte2>

No todos los sistemas fotovoltaicos utilizan baterías. Los sistemas conectados a la red sin "*back-up*" no utilizan baterías. Estos sistemas son los más comunes y económicos.

Una de las desventajas de las baterías es que su vida útil es una fracción de la vida útil de un sistema fotovoltaico. Esto significa que durante la vida del sistema se tienen que hacer varios reemplazos de baterías, lo que eleva el costo del sistema significativamente.

Una batería, dependiendo el tipo, puede durar entre *3 a 10 años* (pueden durar más con el mantenimiento correcto). Para que una batería tenga una larga vida no se debe sobrecargar, no se debe sobre descargar y no se debe operar a temperaturas excesivamente altas. Cuando se tienen baterías se deben mantener en un lugar bajo techo que sea fresco y tenga bastante ventilación.

Cuando una batería pierde un *20%* de su capacidad original se dice que está llegando al final de su vida útil. La vida útil de una batería esta especificada en ciclos de carga y descarga. Veamos la siguiente curva.

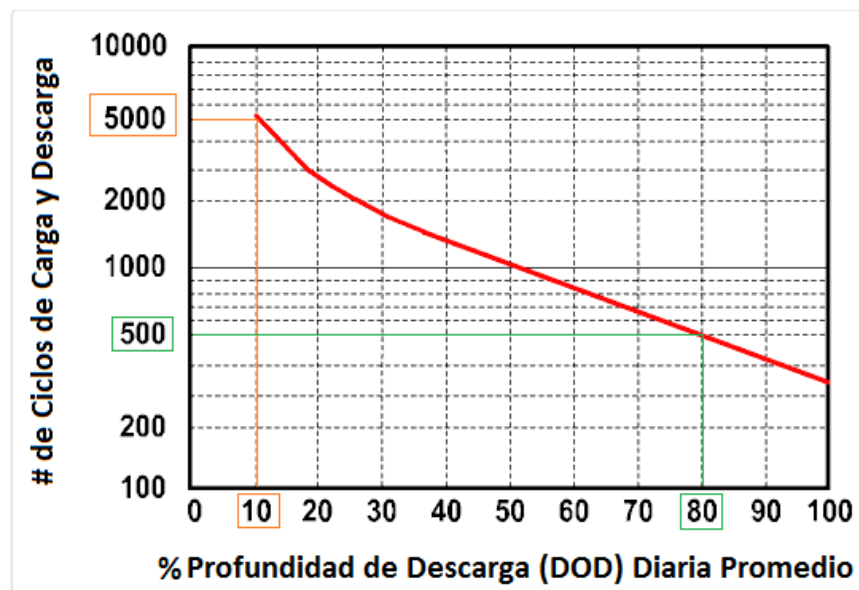


Figura N° 17: Profundidad de descarga vs vida útil de la batería²⁸

Esta curva es un ejemplo que indica los ciclos de vida de una batería basada en los niveles de **profundidad de descarga** ("depth of discharge (DOD)"). El *DOD* es el nivel al que se descarga una batería. Por un ejemplo una batería que se lleva a un *DOD de 80%* se está descargando un *80%*. Una batería que se lleva a un *DOD de 10%* se está descargando un *10%*. Observa en la curva que cuando la batería se descarga diariamente solo un *10%*, tiene una vida útil de *5,000 ciclos*. Cuando la batería se descarga diariamente un *80%*, tiene una vida útil de *500 ciclos*. En este ejemplo la batería con un *DOD de 10%*, tiene una vida útil *10 veces mayor* a la que se lleva a un *DOD de 80%*. Por lo tanto mientras menos se descarga la batería más ciclos de vida esta tiene.

Las baterías son parecidas a las batería de los carros, pero las batería para aplicaciones fotovoltaicos son lo que se conocen como ciclo profundo

²⁸ <http://panelessolaespr.com/solar101.html#parte2>

("deep-cycled"). Este tipo de batería está diseñado para descargarse lentamente y recargarse irregularmente. Se pueden descargar hasta un 80%.

Los tipos más comunes de batería utilizados en los sistemas fotovoltaicos son:

Baterías de Acido-Plomo ("*Lead Acid*"). Estas baterías vienen de distintas capacidades y son las más económicas. La desventaja es que no toleran temperaturas extremas y requieren mantenimiento. Hay dos subtipos:

Batería con ventilación ("*liquid vented*"). Este tipo de batería requiere mantenimiento. Cuando se recarga esta produce gas hidrogeno el cual ella misma ventila. Cuando esto ocurre se pierde agua dentro de la batería. Esta agua que se pierde se tiene que reponer periódicamente.

Batería sellada ("*valve regulated lead acid (VRLA)*"). Este tipo de batería no requiere mantenimiento ya que no se tiene acceso al **electrolito**(solución de ácido sulfúrico y agua). Las *baterías de gel* son un tipo de batería sellada. La desventaja de esta batería es que su vida útil es menor a la batería con ventilación.

Baterías Alcalinas. Son sumamente costosas. Su ventaja es que la temperatura no las afecta como a otros tipos de batería. Se utilizan en aplicaciones comerciales e industriales donde se esperan temperaturas sumamente bajas.

Batería de Níquel-Cadmio (*"Nickel-Cadmium"*).

Batería de Níquel-Hierro (*"Nickel-Iron"*).

Para aplicaciones residenciales la batería que más se recomienda es la *batería de ácido-plomo líquida*.

La **capacidad** de una batería está indicada en *amperios-horas (Ah)*. Por ejemplo una batería que tiene una capacidad de *10 Ah*. Esto significa que esta batería puede suplir *10 amperios* de corriente por *1 hora*:

$$10 \text{ Ah} = 10 \text{ amperios} \times 1 \text{ hora}$$

Pero también hay otras combinaciones que nos dan el mismo resultado:

$$10 \text{ Ah} = 20 \text{ amperios} \times 0.5 \text{ hora}$$

$$10 \text{ Ah} = 5 \text{ amperios} \times 2 \text{ horas}$$

$$10 \text{ Ah} = 3.33 \text{ amperios} \times 3 \text{ horas}$$

$$10 \text{ Ah} = 2.5 \text{ amperios} \times 4 \text{ horas}$$

La capacidad nos indica que la corriente que puede suplir a su voltaje nominal en un periodo de tiempo. El voltaje nominal típico de una batería para un sistema fotovoltaico es *12 voltios*.

Las baterías se conectan en lo que llamamos **bancos de baterías**



Figura N° 18: Banco de bateras²⁹

En un banco las baterías se conectan en **serie** y en **paralelo** para obtener un voltaje y una capacidad en amperios-hora deseados.

La conexión en serie se utiliza para aumentar el valor del voltaje de salida del banco. Si se conectan 2 baterías de 12 V en serie la salida del banco

²⁹ <http://panelessolaespr.com/solar101.html#parte2>

es de 24 V. Si se conectan 4 baterías de 12 V en serie la salida del banco es de 48 V.

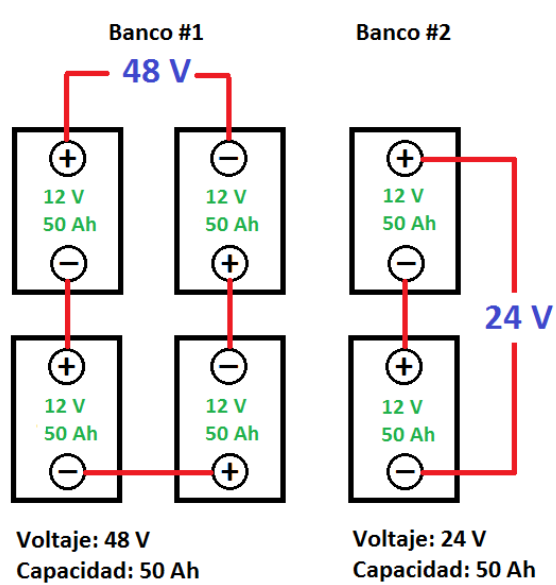


Figura N° 19: Conexiones en serie³⁰

La conexión de paralelo se utiliza para aumentar la capacidad en amperios-hora del banco. Si se conectan 2 baterías con una capacidad de 50 Ah en paralelo la capacidad del banco será de 100 Ah. Si se conectan 3 baterías de 200 Ah en paralelo la capacidad del banco será de 600 Ah.

³⁰ <http://panelessolaespr.com/solar101.html#parte2>

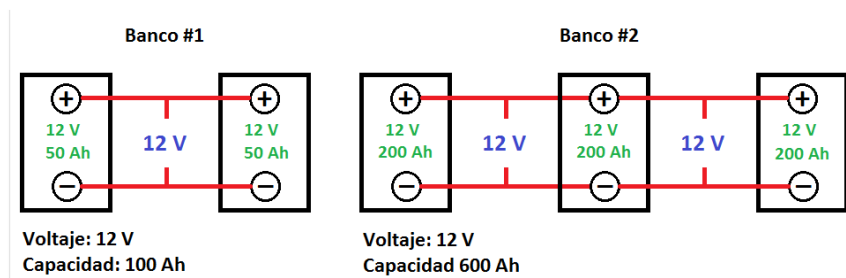


Figura N° 20: Conexiones en paralelo³¹

2.2.5. Regulador de carga

El subsistema electrónico de regulación de carga está compuesto por aquellos elementos que permiten conocer cuál es el estado de carga de la batería de los acumuladores poniendo en marcha eventualmente una protección de sobrecarga de la misma. La detección del estado se hace mediante la medida de la tensión de la batería y la comparación de la misma respecto a una referencia. La acción de protección de la batería puede consistir en ofrecer un camino alternativo a la corriente del subsistema fotovoltaico de forma que no siga cargando la batería, o bien en implementar una interrupción del circuito de carga mediante la desconexión de los módulos fotovoltaicos. (Ver Figura N° 21)

Existen numerosos diseños prácticos para tales circuitos. Desde la perspectiva del usuario, estos equipos electrónicos deben ser lo menos disipativos posible, es decir que perturben lo menos posible el funcionamiento ideal del subsistema fotovoltaico. De manera idealizada se puede decir que el mejor sistema de regulación es aquel que mantiene a los módulos fotovoltaicos trabajando en su punto de máxima potencia

³¹ <http://panelessolaespr.com/solar101.html#parte2>

independientemente de la irradiancia y la temperatura. (Macías Alvarado 2011)

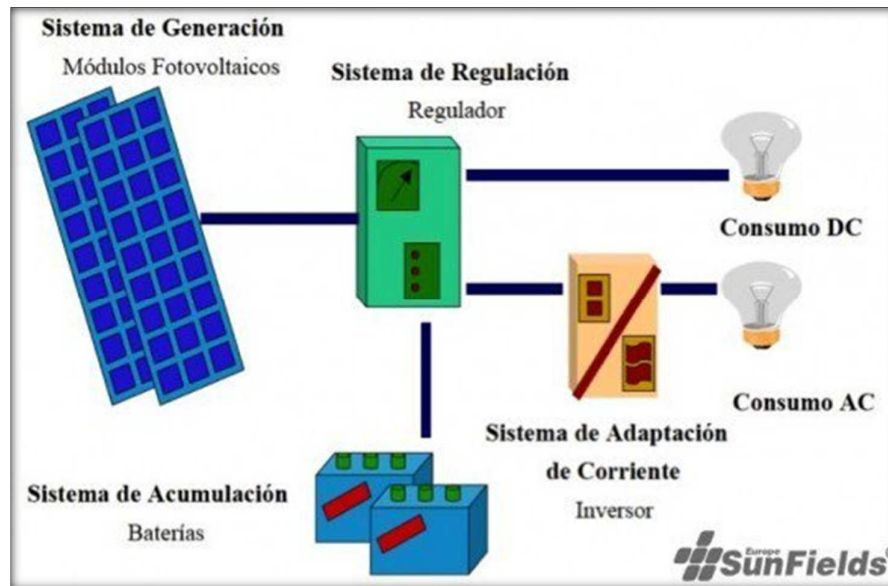


Figura N° 21: Conexiones del regulador en una instalación fotovoltaica³²

Se define al regulador como un dispositivo electrónico que interconecta los paneles, baterías y receptores para que puedan funcionar en sintonía sin perjudicar el funcionamiento de ninguno de ellos. Este aparato cumple con las siguientes funciones:

- a) **Evitar sobrecargas en las baterías**, controlando la cantidad de corriente que le llega al sistema de acumulación, evitando posibles daños. Esta cantidad de corriente depende de los tipos de baterías y del número de ellas.
- b) **Evitar la descarga de las baterías** en períodos de luz solar escasa. Actúa como un interruptor, interrumpiendo el flujo de corriente cuando los paneles empiezan a consumir energía

³² <https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/manual-calculo/>

eléctrica; esto ocurre cuando la luz que incide sobre ellos no es suficiente.

- c) **Asegurar el funcionamiento** del sistema en el punto de máxima eficacia. (Ramirez Quiroz 2015)

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



Figura N° 22: Controlador de carga³³

2.2.6. Inversores

El **inversor** es un dispositivo que convierte la **potencia DC** que suplen los *paneles solares* o las *baterías* en **potencia AC**. La corriente AC es la que se utiliza para energizar los enseres eléctricos que utilizamos en nuestros hogares los cuales normalmente funcionan a *120 voltios* o a *240 voltios*.

Después de los paneles solares, los inversores son el componente más importante de un sistema fotovoltaico. Un inversor está construido con

³³ <http://panelessolaespr.com/solar101.html#parte2>

tecnología de semiconductores de estado sólido y de electrónica de potencia. Un sistema fotovoltaico dependiendo su configuración puede tener un solo **inversor central** ("*string inverter*"), dos o más inversores centrales trabajando en paralelo, o múltiples **micro-inversores**.

Los inversores pueden producir tres tipos de onda:

Onda cuadrada ("*Square Wave*") - Esta onda es solamente apropiada para operar equipos pequeños y equipos con comportamiento resistivo como las bombillas incandescentes. No tienen mucha utilidad en el mundo moderno. Producen mucha distorsión armónica la cual crea problemas en equipos que utilizan controles computadorizados. Son los inversores más económicos.

Onda cuadrada modificada ("*Modified Square Wave*") - Esta onda produce menos distorsión armónica que la onda cuadrada. Con esta onda se pueden operar equipos más robustos incluyendo motores, pero pueden causar problemas en equipos que utilizan controles computadorizados.

Onda Senoidal ("*Sine Wave*") - Es la onda predilecta. Los inversores de calidad producen esta onda que es prácticamente idéntica a la que produce la utilidad (*Autoridad de Energía Eléctrica*). Para los sistemas conectados a la red, el inversor tiene que ser de onda senoidal. Estos inversores son los más costosos.

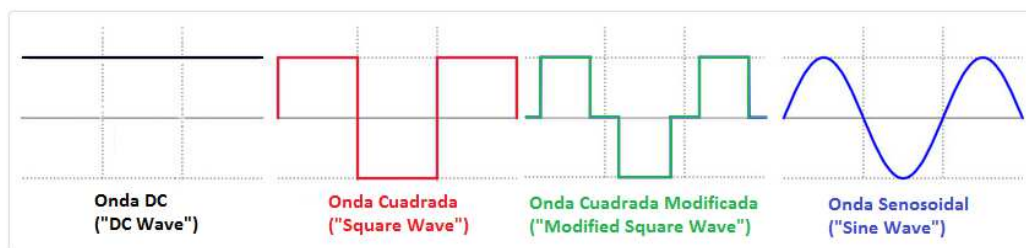


Figura N° 23: Tipos de onda en un inversor³⁴

Existen tres tipos de inversores:

1. **Inversor conectado a la red sin baterías** ("*Batteryless Grid-Tied Inverter*"). También conocido como "utility-interactive inverter". Este es el inversor más utilizado. Se utiliza en todos los sistemas que están conectados a la red de la AEE y no utilizan baterías. Los sistemas que utilizan estos inversores dependen de la utilidad para suplir energía durante la noche, en días nublados o cuando la demanda de energía es mayor a la energía que suple el sistema fotovoltaico. Estos inversores tienen que cumplir con los estándares *IEEE 1547*, *UL 1741* y *FCC parte 15*. Por esta razón como medida de protección cuando la utilidad no está disponible (se va la "luz" por una avería) el inversor automáticamente se desconecta y deja de trabajar. Esto significa que si la utilidad no trabaja tampoco trabaja el sistema fotovoltaico.
2. **Inversor independiente** ("*Stand-Alone Inverter*"). Se utiliza en sistemas que están completamente aislados, utilizan baterías y no se conectan a la red eléctrica de la AEE. La entrada de este inversor se conecta

³⁴ <http://panelessolarespr.com/solar101.html#parte2>

directamente a las baterías y la salida se conecta directamente a los equipos AC.

3. **Inversor conectado a la red con almacenamiento en baterías** (*"Grid-Tied with Battery Back-Up Inverter"*). También conocido como *"bimodal inverter"*. Este inversor puede trabajar como un inversor conectado a la red y como un inversor independiente. Se utiliza en sistemas que están conectados a la red, pero también tienen baterías para almacenar energía y ser utilizada cuando el servicio eléctrico de la AEE no está disponible. Su funcionamiento es más complicado porque tienen que enviar el exceso de energía que producen los paneles a la red eléctrica, durante una avería de la AEE tienen que suplir energía al sistema de *"back-up"*, y tienen que mantener cargadas las baterías del sistema.

Los inversores no son *100%* eficientes. Actualmente las eficiencias están aproximadamente entre *96%* a *97%*. Esto significa que de un *3%* a un *4%* de la energía que envían los paneles solares al inversor se pierde en el proceso de convertirla de DC a AC.

Una de las características o *"features"* que uno quiere que un inversor tenga es lo que se conoce como controlador *MPPT* (*"Maximum Power Point Tracker"*). Esto es un circuito electrónico que viene integrado dentro del inversor. Este circuito continuamente ajusta la carga que ve un módulo fotovoltaico bajo condiciones cambiantes de temperatura e irradiación solar para mantenerlo operando en su punto de *potencia máxima* (*"maximum power point"*).

Los circuitos compuestos de semiconductores de estado sólido tienen una limitación de temperatura. Por esta razón las altas temperaturas afectan el rendimiento de un inversor. A temperaturas altas la eficiencia de un inversor se reduce. Si la temperatura excede los límites de diseño del inversor, él se desconecta y se apaga para protegerse. Por esta razón se recomienda que los inversores se instalen en un lugar fresco en el cual los rayos del Sol no los impacten directamente.

2.2.7. Marco legal

Energías renovables interconectadas a la red (grandes sistemas).

- a) **Ley N° 1002.** Promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.
- b) **D.S. N° 050-2008-MEN.** Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables.

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.

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 empleada³⁵.

Batería

Es un artefacto que acumula energía a través de procesos electroquímicos. También conocidas como acumuladores.

Capacidad de Energía de Baterías

La energía total disponible, expresada en vatios-hora o kilovatios-hora, que puede ser extraída de una batería totalmente cargada. La capacidad de energía depende de temperatura, la edad de la batería y el voltaje al cual se descarga la batería.

Cargador de Baterías

Es un componente del sistema fotovoltaico que controla el flujo de corriente hacia las baterías para proteger de sobrecarga.

Celda de Batería

La unidad más simple operacional en una batería de almacenamiento. Consiste de uno o más electrodos o placas, electrolito

³⁵ <http://www.maximosolar.com/es/aprende/107-diccionario-de-terminos-fotovoltaicos>

que permite conducción iónica, separadores entre las placas con polaridad contraria, y un contenedor para los anteriores.

Ángulo de Inclinación

Es el ángulo al cual el arreglo solar se inclina en relativo a la posición horizontal en dirección al sol. Ese ángulo puede ajustarse para maximizar la energía disponible durante el año.

Arreglo Solar

Un sistema interconectado de módulos fotovoltaicos que funcionan como una unidad independiente de producción de electricidad. Los módulos o paneles solares se instalan en estructuras con monturas y apoyos comunes.

Celda Solar

El más pequeño elemento semiconductor de un módulo fotovoltaico (PV) para realizar la conversión inmediata de luz solar en electricidad.

Energía Solar

Son las ondas de energía electromagnéticas transmitidas por el sol. Normalmente manejamos solar pasiva con los materiales de construcción para lograr los diseños, solar fotovoltaica para conversión a energía eléctrica y solar termal para agua caliente.

Fotovoltaico (PV)

Se refiere a la conversión directa de luz solar en electricidad, se le conoce como solar eléctrico y solar fotovoltaico.

Fuentes de Energía Renovable

Es un recurso energético que es regenerativo o virtualmente inagotable, algunos ejemplos son; solar, viento, geotermal y agua.

Conexión en Serie

Es una forma de conectar paneles solares al conectar el positivo de una placa con el negativo de otra y así aumenta el voltaje del sistema. Quedan libres el negativo de la primera placa y el positivo de la última para las conexiones posteriores en el sistema.

Conexión Paralela

Es la conexión de paneles solares que conecta los terminales positivos entre sí y los terminales negativos entre sí. El resultado es el mismo voltaje más cada conexión aumenta proporcionalmente la corriente.

Corriente Alterna (AC)

Es un tipo de corriente eléctrica en la que la polaridad se invierte regularmente. En los Estados Unidos y Puerto Rico, se cambia la polaridad 120 ocasiones por segundo o 60 ciclos (Hz) por segundo. Las redes de transmisión eléctrica usan corriente alterna porque el voltaje puede ser controlado con relativa facilidad.

Corriente Directa (DC)

Un tipo de transmisión y distribución de electricidad en donde la electricidad fluye en una sola dirección, usualmente bajo voltaje y altas corrientes. Para proveer energía a su hogar o negocio con corriente alterna (AC) debe tener un inversor de energía.

Días de autonomía

Es el número de días consecutivos que un sistema solar con baterías puede proveer energía a sus cargas eléctricas ante la falta de energía solar.

Horas de Sol por Día

Es el equivalente de número de horas por día equivalente a la irradiación solar de 1 000 vatios/por metro cuadrado. Por ejemplo, en Puerto Rico, se reciben alrededor de 5,53 Kilovatios por metro cuadrado por día o 5,53 horas sol. Este número se utiliza para calcular la capacidad necesaria del sistema solar de acuerdo a su necesidad de energía.

Irradiación

La luz directa, difusa y reflejada que recibe una superficie, usualmente expresada en kilovatios por metro cuadrado, la irradiación multiplicada por tiempo equivale a insolación.

Inversor

Es un equipo electrónico que convierte la corriente directa (DC) en corriente alterna (AC) para un sistema conectado a la red eléctrica o para un sistema independiente de energía.

Kilovatio

Es una medida de potencia eléctrica equivalente a 1 000 Vatios o el consumo de energía de mil Joules por segundo.

Kilovatios hora

Es una medida de energía que equivale a 1 000 vatios consumidos en un periodo de una hora. Normalmente las utilidades nos cobran en base a kilovatios hora consumidos en un mes.

Medición Neta

La práctica de exportar el exceso de energía solar durante el día a la red de distribución eléctrica, lo cual causa el metro de energía que mida en

reverso para usarse durante la noche y/o simplemente cree un crédito financiero en la factura eléctrica del hogar o negocio.

Módulo

Es una estructura construida con celdas solares en serie para lograr un voltaje operacional.

Monturas de Estructuras

En una montura de estructura, los paneles fotovoltaicos son soportados por una estructura de metal y posicionados a un ángulo predeterminado cercado a la latitud. Normalmente se ubica en los techos de las propiedades.

Panel Solar

También se le conoce como módulo fotovoltaico, mejor definido como un sistema de módulos conectados físicamente en una misma estructura desde la fábrica.

Red de Electricidad

Un sistema integrado de distribución de electricidad, usualmente cubriendo millas de servicio. En Estados Unidos existen privadas y del gobierno. En Puerto Rico, es la Autoridad de Energía Eléctrica, propiedad del gobierno de Puerto Rico.

Reserva de Batería (Backup)

El uso de baterías para proveer potencia a su sistema en caso de falla eléctrica de la Autoridad de Energía, normalmente para alimentar las cargas críticas en emergencias.

Seguidores Solar

Se refiere a un arreglo solar en una estructura diseñada para seguir la posición del sol y maximizar la radiación solar incidente en la superficie de las placas solares. Los hay de un solo eje que busca al sol de este a oeste y de dos ejes que ajusta el ángulo respecto al horizonte para maximizar la irradiación en todo el año.

Sistema Conectado a la Red (Grid tie)

Es un sistema solar eléctrico o fotovoltaico (PV) en el cual el arreglo solar se comporta como una planta generadora central, supliendo potencia a la red. También se le conoce como —Sistema Line Tie.

Sistema Independiente (off grid)

Es un sistema autónomo o híbrido solar que no está conectado a la red eléctrica. Requiere tener reserva de energía en baterías u otra forma de reserva, también se le conoce como sistema remoto o separado de la red.

Sistema híbrido

Es un sistema solar eléctrico o sistema fotovoltaico que incluye otras fuentes de generación de electricidad, tales como, generadores diesel, generadores de viento y generadores de agua.

Vida de la Baterías

El periodo de duración en que la celda o batería es capaz de operar sobre su capacidad nominal o eficiencia esperada. La vida de la batería

se mide en ciclos de descarga o años, dependiendo de la aplicación o el tipo de servicio para la cual fueron diseñadas. En aplicaciones solares, las baterías deben ser de ciclos profundos o —deep cyclell.

Voltaje

La cantidad de fuerza eléctrica, medida en voltios, que existe entre dos puntos. El voltaje típico de una batería es 12 Vdc y el de nuestras residencias es 120 Vac.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

En este examen de suficiencia es importante describir los criterios de investigación que nos permitió desarrollar y concluir con éxito el proyecto, los cuales son los siguientes.

a) Investigación Aplicada: Porque se hará uso de los conocimientos y bases teóricas de la ingeniería para dar solución al problema de la energía eléctrica de la zona involucrada en el presente estudio.

b) Investigación Descriptiva: Porque solo se pretende describir las características de las variables en estudio (radiación solar y energía fotovoltaica) a través tal y como se presentan en la realidad.

c) Investigación Explicativa: Porque nos permitió analizar e interpretar su comportamiento para la solución del problema; descubriendo las causas directas del problema central que es la generación de electricidad, originando una escasa actividad productiva y comercial.

d) Investigación de Datos Primarios: Porque aquí los datos que se han recogido en el lugar donde se desarrollará el proyecto, como es la máxima demanda eléctrica del restaurant, son de primera mano es decir exclusivamente para la investigación.

3.2. Población y muestra

Se identificó la muestra el cual fue igual a la población el caserío Cuñish Grande ubicado en el distrito de San Luis, provincia de San Pablo departamento de Cajamarca,

3.3. Hipótesis

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

Si se aprovecha la radiación solar entonces con el dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico se electrificará el caserío Cuñish Grande ubicado en el distrito de San Luis, provincia de San Pablo departamento de Cajamarca

3.4. Operacionalización de las variables

Tabla N° 1: Operacionalización de variables

TIPO	DEFINICIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTO	INDICADORES
DEPENDIENTE	Dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico	<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"> ✓ Calculo de la energía promedio diaria proyectada ✓ Determinación de la radiación solar promedio ✓ Diseño del equipamiento de la instalación fotovoltaica ✓ Dimensionamiento del sistema de distribución 220v
INDEPENDIENTE	Radiación solar	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Análisis documental y software 	4.1 Análisis de contenido	<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 directa

Captura sistemática de información sobre acciones y reacciones conductuales mediante el uso de instrumentos específicos o impresiones profesionales. Es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos. Gran parte del acervo de conocimientos que constituye la ciencia ha sido lograda mediante la observación.

b) La Entrevista

Este formato se utilizó especialmente para recopilar información de los habitantes para conocer su requerimiento de energía eléctrica.

c) Análisis documental

Mediante el análisis documental se recolectan datos de fuentes secundarias. Libros, boletines, revistas, folletos, y periódicos se utilizan como fuentes para recolectar datos sobre las variables de interés. El instrumento que se acostumbra utilizar es la ficha de registro de datos.

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 la medida estadística de tendencia central más significativa y que nos permitió 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

En este de suficiencia con el objetivo de dimensionar un sistema de fotovoltaico en el caserío Cuñish Grande, ubicado en el distrito de San Luis, provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca.

De las visitas al caserío se elaborara el plano de lotización y posteriormente se dimensionara la red de distribución secundaria

4.1.1. Equipos del sistema solar fotovoltaico propuesto

El sistema solar fotovoltaico propuesto para el caserío Cuñish Grande con la finalidad de electrificar a para la generación de energía eléctrica, se dimensionó considerando la radiación solar de la zona, la máxima demanda y el consumo de energía.

Así mismo se ha de determinar la rentabilidad del proyecto realizando una evaluación técnica, económica y financiera.

Este sistema estará conformado por los siguientes equipos y/o componentes:

a) Generador Fotovoltaico: Está formado por un módulo de 24 paneles solares de 260 Wp.

b) controladores de carga: 02 controladores de carga con una capacidad de 70 A del tipo MPPT y funcionará a una tensión de trabajo de 48 VDC; estará ubicado en el interior de un tablero metálico para su protección.

c) Banco de baterías: El banco de baterías instalado lo conforman 16 baterías la marca ROLLS modelo 11 CS 11PS 12V/357 Ah cada una, estas funcionarán a una tensión de trabajo de 48 VDC. El sistema de baterías se ha dimensionado considerando dos días de autonomía.

d) inversores: Los inversores utilizados son de tipo onda pura cuya potencia es de 1200 W, a una tensión de trabajo de 24 VDC, este equipo suministrara la tensión al sistema en 220 VAC.

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Calculo de la energía promedio diaria

El número de viviendas del caserío Cuñish Grande es de 27, y el número de habitantes es de 81, cuenta además con 01 local comunal.

5.2. Calculo de la energía eléctrica

A partir de los datos recolectados a través de la entrevista y encuesta en dicha localidad, tenemos información sobre los electrodomésticos que se utilizaran en las viviendas del caserío Cuñish Grande.

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

Tabla N° 2: Consumo de energía eléctrica diaria para vivienda particular y local comunal

ITEM	RECEPTOR	TENSIÓN (V)	POTENCIA (W)	CANTIDAD	Uso diario (h)	Energía diaria (Wh)
VIVIENDA PARTICULAR						
1	Lamparas	220 V c.a.	8	3	4	96
2	Televisor	220 V c.a.	60	1	3	180
3	Carga de celular	220 V c.a.	5	2	1	10
4	Radio	220 V c.a.	10	1	5	50
5	Plancha	220 V c.a.	500	1	0	0
TOTAL, CONSUMO DE ENERGÍA DIARIA (Wh) POR VIVIENDA						336
LOCAL COMUNAL						
1	Lamparas	220 V c.a.	8	2	3	48
2	Radio	220 V c.a.	12	1	4	48
3	Carga de celular	220 V c.a.	5	1	2	10
TOTAL, CONSUMO DE ENERGÍA DIARIA (Wh) LOCAL COMUNAL						106

fuelle: elaboración propia

Alumbrado de vías públicas

El número de puntos de iluminación (PI), se calculó según lo 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):

$$CMAP = KALP \times NU..(5)$$

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 (27)

$$CMAP = 89,1 \text{ kWh}$$

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

$$PI = \frac{(CMAP \times 1000)}{NHMAP \times PPL} = \frac{(89,1 \times 1000)}{360 \times 60} \approx 4 \text{ Puntos de iluminacion}$$

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 4 punto de iluminación tendremos una potencia de $4 \times 60 = 240$
 $W = 0,24 \text{ kW}$

La energía por alumbrado público lo obtenemos multiplicando la potencia por 12h de utilización obteniendo: $0,24 \text{ (kW)} \times 12 \text{ (h)} = 2.880 \text{ Wh}$

Tabla N° 3: tasa de crecimiento para el departamento de Cajamarca

Año	Tasa de crecimiento anual (%)
1940-1961	1,60%
1961-1972	1,80%
1972-1981	1,40%
1981-1983	1,70%
1983-2007	0,80%
Promedio	1,46%

Fuente: INEI

Consideramos el valor promedio de la Tabla N°3 , obteniendo 1,46 % , ahora proyectamos la población y luego las viviendas bajo la hipótesis de que la relación del número de habitantes por vivienda permanece constante.

$$P_{25} = P_0(1 + i)^n \dots\dots(6)$$

Donde:

Po: Población actual (81 habitantes)

P₂₅ : Población proyectada al año 25

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

$$P_{25} = 81 (1 + 0,146)^{25} \approx 116 \text{ habitantes}$$

$$N_{viviendas \text{ proyectadas}} = 116x\left(\frac{25}{18}\right) \approx 39$$

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

Tabla N° 4: Consumo de energía promedio diario proyectado del caserío Cuñish Grande

ITEM	RECEPTOR	CANTIDAD	CONSUMO UNITARIO (Wh)	Energía diaria (Wh)
1	viviendas	39	356	13884
2	Local Comunal	1	106	106
3	Alumbrado publico	4	720	2880
ENERGÍA PROMEDIO DIARIO PROYECTADO EN EL CASERIO CUÑIS GRANDE (Wh)				16870

fuelle: elaboración propia

Tenemos de la tabla N° 4, que el consumo de energía diario con la población proyectada seria de 16 870 kWh

5.3. Evaluación de la Radiación Solar

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

Atlas del SENAMHI, del cual podemos obtener la radiación solar máxima y mínima, para el departamento de Cajamarca³⁶.

³⁶ SENAMHI. (2003). *Atlas de energia solar del Peru*.

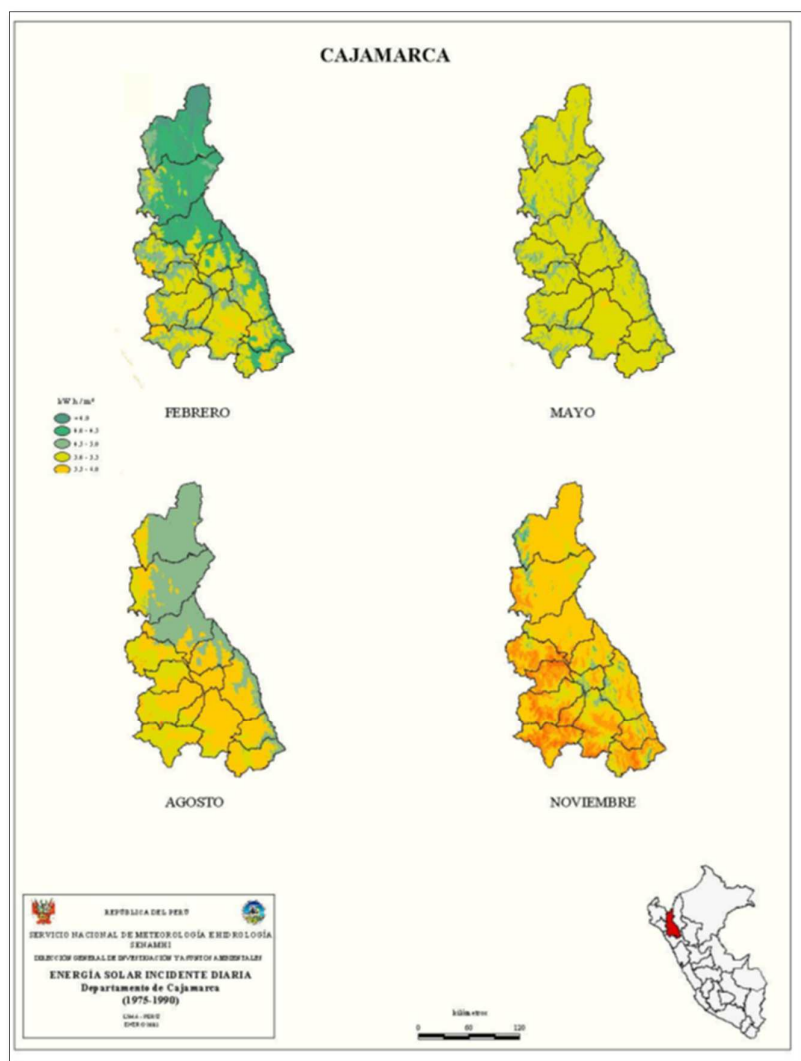


Figura N° 24: Radiación solar en el departamento de Cajamarca según SENAMHI³⁷

La irradiación 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

La NASA en su página (<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi>) brinda información de la radiación solar existente mensualmente en dicha

³⁷ SENAMHI. (2003). *Atlas de energía solar del Perú*

Para ello necesitamos los datos de la latitud y longitud donde se ubica el caserío Cuñish Grande³⁸.

Latitud: -7,10178666667

Longitud: -78,8660783333

Tabla N° 5: Radiación solar en el caserío Cuñish Grande según la NASA

<p>Northern boundary -7</p> <p>Western boundary -79</p> <p>Center Latitude -7.5 Longitude -78.5</p> <p>Eastern boundary -78</p> <p>Southern boundary -8</p>													
<p><i>Parameters for Sizing and Pointing of Solar Panels and for Solar Thermal Applications:</i></p>													
<p>Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m²/day)</p>													
Lat -7.102 Lon -78.866	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
22-year Average	5.54	5.30	5.62	5.40	5.28	5.16	5.33	5.72	6.04	6.18	6.35	6.00	5.66

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

La radiación solar más desfavorable es en el mes de junio con un valor de 5,16 kWh/m²/día.

³⁸ <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>

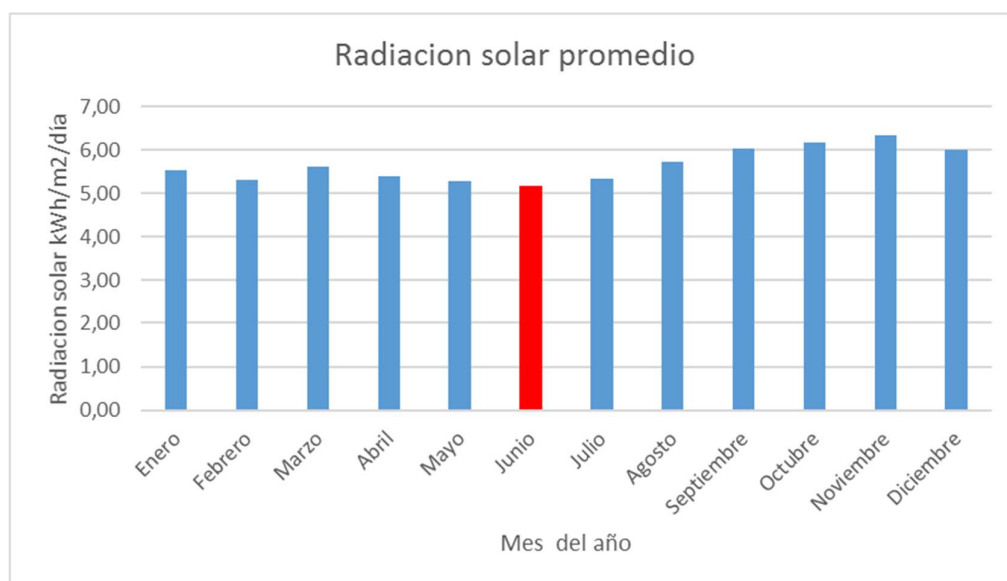
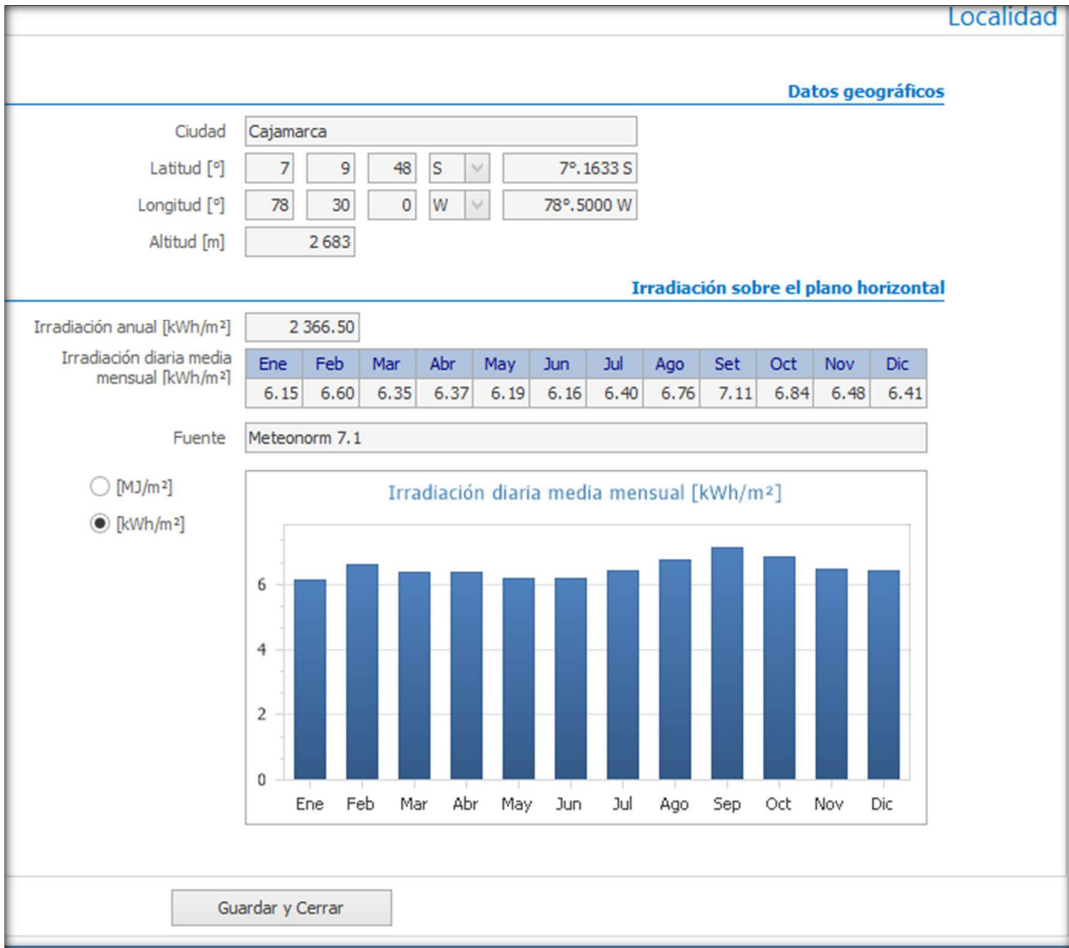


Figura N° 25: Radiación solar Según la NASA³⁹

³⁹ Elaboración propia

Software Solarius PLUS

Tabla N° 6: Radiación solar en el departamento de Cajamarca con el software Solarius Plus



Fuente: Software Solarius plus

La radiación solar más desfavorable según la Tabla N° 6 es en el mes de junio con un valor de 6,16 kWh/m²/día.

para el caserío Cuñish Grande se considerará un valor de radiación de 4,75 kWh/m²/día

5.4. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se consideran los siguientes parámetros:

Radiación solar: 4,75 kWh/m²/día y además se considerarán 3 días de autonomía.

Tabla N° 7: Parámetros de dimensionamiento

Parametros del sistema fotovoltaico		
Bateria		
Rendimiento	95	%
Profundidad de descarga maxima	70	%
Inversor		
Rendimiento	94	%
Conductores		
Rendimiento	97	%
Sistema		
Voltaje	48	V _{CD}
Factor global de funcionamiento	80	%

Fuente: (Llauce Chozo 2016)⁴⁰

5.4.1. Dimensionamiento del generador fotovoltaico

Considerando la irradiación promedio anual de: 4,75 kWh/m²/día,

entonces H.S.P.=4,75 h, entonces la potencia de la carga es:

$$P=E/4,75=16,870/4,75=3,55\text{ kW}$$

⁴⁰ 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.

Según Agustín Castejón⁴¹ para facilitar el cálculo de la potencia del generador las 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: 0,6

$$E_{elec} = \frac{16,870}{0,6} = 28,12 \text{ kWh/dia} \dots(7)$$

Consideraremos trabajar con paneles solares estándar YINGLI SOLAR de 260 Wp porque es un modelo comercial muy usado y de marca reconocida

Tabla N° 8: Características eléctricas del módulo fotovoltaico

YGE 60 CELL SERIES 2								
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS								
Parámetros eléctricos en condiciones de prueba estándar (STC)								
Tipo de módulo			YLxxxP-29b (xxx=P _{max})					
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 _{mp}	V	31.0	30.7	30.5	30.3	30.0	29.8
Intensidad en P _{max}	I _{mp}	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.

fuelle: catalogo YINGLI SOLAR⁴² (ANEXO 01)

⁴¹ (Agustin Castejon s.f.)

⁴² http://d9no22y7ygre8.cloudfront.net/assets/uploads/products/downloads/DS_YGE60Cell-29b_35mm_ESP_14-11-2017.pdf

Tabla N° 9: Especificaciones de los paneles fotovoltaicos

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

Fuente:

http://d9no22y7ygre8.cloudfront.net/assets/uploads/products/downloads/DS_YGE60Cell-29b_35mm_ESP_14-11-2017.pdf

Con la finalidad de que nuestra instalación fotovoltaica no esté sobredimensionada se comprobará que con la potencia máxima del módulo elegido no se sobrepase el 20 % de la P_{elec} (Agustin Castejon), es decir la potencia nominal del generador fotovoltaico deben cumplir

$$\frac{E_{elec}}{HSP} \leq N_{paneles} P_{panel} \ll \frac{1,2x E_{elec}}{HSP}$$

Reemplazando en la formula anterior con una energía eléctrica de 28,12 kWh/día y HSP= 4,75 ; obtenemos:

$$22,77 \leq N_{paneles} \leq 27,32$$

Para obtener exactamente el número de paneles debemos considerar los siguientes aspectos:

$$N_{numero \ de \ modulos \ en \ serie} (N_{smf}) = \frac{voltaje \ de \ trabajo (V_T)}{Tension \ del \ modulo (V_{mf})} \dots (8)$$

La tensión de trabajo será de 48 V

$$N_{smf} = \frac{48}{24} = 2 \text{ } \textit{modulos fotovoltaicos}$$

El número de ramas de módulos fotovoltaicos en paralelo:

$$\textit{Numero de ramas en paralelo}(N_{pmf}) = \textit{Total de modulos}(N_{mf}) /$$

$$\textit{Numero de modulos en serie}(N_{smf}) \dots (9)$$

$$N_{pmf} = 11,39 \dots 13,66$$

$$N_{pmf} = 12 \textit{ ramas de modulos fotovoltaicos}$$

$$\text{Entonces } N_{peneles} = 2 \times 12 = 24 \textit{ modulos fotovoltaicos}$$

La potencia de los 24 módulos es de $24 \times 260 (Wp) = 6,240 \text{ kWp}$

5.4.2. 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.

$$C_T = (N_{Dias de autonomia} \times E_{elec}) / (P_{D max} \times V_T \times n_{inv} \times n_{rb}) \dots (10)$$

Donde:

N_D : Número de días de autonomía	3
E_{elec} : Energía eléctrica total media diaria (Wh/día).	16 870
$P_{D max}$: Profundidad máxima de descarga de la batería	0,70
V_T : Tensión de trabajo (V)	48
n_{inv} : eficiencia del inversor	0,94
n_{rb} : eficiencia del conjunto regulador batería	0,90

$$C_T = \frac{3 \times 16\,870}{0,7 \times 48 \times 0,94 \times 0,90} = 1\,118,53 \text{ Ah}$$

La batería que se utilizará para nuestro sistema de generación fotovoltaica será las baterías inundadas de plomo ROLLS de 357 Ah, por ser mas comercial y de uso común, además en el catálogo del fabricante garantiza como mínimo una vida útil de 10 años , por lo que en la vida útil de la instalación fotovoltaica solo se aran dos compras de baterías una en el momento de la instalación del sistema solar fotovoltaico y otra luego de 10 años de operación (considerando la vida útil de la instalación de 20 años).

El número de baterías que deben conectarse en serie:

$$N_{\text{baterías en serie}} = V_{\text{trabajo}} / V_{\text{bateria}} = 48 / 12 = 4$$

El número ramas de baterías que deben conectarse en paralelo

$$N_{\text{ramas de baterías en paralelo}} = \frac{C_{\text{capacidad total}}}{C_{\text{bateria}}} = \frac{1\,118,53}{357} \approx 4$$

$$N_{\text{total de baterías}} = 4 \times 4 = 16$$

5.4.3. Dimensionamiento del Regulador de carga

Para dimensionar el regulador usaremos la siguiente formula:

$$I_{\text{maximo del regulador}} = 1,25 \times I_{CC\ mf} \times N_{P\ mf} = 1,25 \times 9,09 \times 12 = 136,35\ A$$

Donde:

$I_{CC\ mf}$ = Corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico (A).

$N_{P\ mf}$ = Número de ramas conectadas en paralelo.

Consideraremos trabajar con el regulador MPPT 150/70 VICTRON, debido a que es una marca muy comercial y además considerando que la corriente eléctrica que a través del controlador es de 136,5 A y con la finalidad de que el sistema fotovoltaico utilice no un controlador pues en el caso de que ocurra alguna avería en él se perdería el suministro de energía eléctrica total a la carga, debido a estas razones se propone

trabajar con dos controladores (un número mayor de controladores encarecería la instalación)



Figura N° 26: Regulador MPPT 150/70 Victron energy⁴³

Tabla N° 10: 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 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				

fuelle: Catalogo del regulador MPPT 150/70 Victron energy⁴⁴ (ANEXO 03)

⁴³ <https://www.distribucionessolares.es/EXT43001892/DOCUMENTOS/EXP0000090800128.pdf>

⁴⁴ https://www.monsolar.com/pdf/Ficha-caracteristicas-tecnicas-outback-FLEXmax-60_80.pdf

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

$$N_{\text{reguladores}} = \frac{I_{\text{maximo del regulador}}}{I_{\text{regulador seleccionado}}} = \frac{136,50}{70} = 1,95 \approx 2$$

Entonces consideraremos 2 reguladores

Los 24 módulos fotovoltaicos se van a agrupar en 2, esto debido a que el sistema fotovoltaico que se está proponiendo es de una tensión de 48 V, de debemos de comprobar que las 6 ramas en paralelo de dos módulos sus características están por debajo de la del regulador, de lo contrario se producirán averías en el controlador

La potencia para el regulador es de 4 000 W (para 48 V), según Tabla N° 10; ahora la potencia de los 8 módulos fotovoltaicos es de:

$$12 \times 260 = 3\,120 \text{ w} < 4\,000 \text{ W, OK.}$$

Para el caso de la tensión a circuito abierto del sistema fotovoltaico de 6 ramas de dos módulos en serie tenemos según la Tabla N° 10, es de $2 \times 37,7 \text{ V} = 75,4 \text{ V} < 150 \text{ V}$ (según datos del regulador MPPT 150/70).

luego utilizaremos 2 regulador MPPT 150/70

5.4.4. Dimensionamiento del inversor

Para el sistema de generación fotovoltaica propuesto se utilizaran Inversores de onda pura 48V 2500W MS 2500 4B2, según se muestra

en ANEXO 04 y la Figura N° 27. Esto debido a que proponemos trabajar con sistema fotovoltaico con dos generadores fotovoltaicos por separado y cada uno con su respectivo inversor, lo que permite que tengamos una reserva de energía en cada circuito y además no se pierde el suministro completo de energía eléctrica por la avería de un inversor.



Figura N° 27: Inversor de onda pura 48V MS 2500 4B2⁴⁵

El inversor cuenta con las siguientes características:

Tabla N° 11: Especificaciones técnicas del inversor MS 2500 4B2

⁴⁵ <https://www.distribucionessolares.es/EXT43001892/DOCUMENTOS/EXP0000070700124.PDF>

MODELO		ELEKSOL MS2500-121	ELEKSOL MS2500-122	ELEKSOL MS2500-241	ELEKSOL MS2500-242	ELEKSOL MS2500-481	ELEKSOL MS2500-482
SALIDA	Voltaje AC	110 V	230 V	110 V	230 V	110 V	230 V
	Rango de Voltaje AC	100-120 V AC	220V-240V AC	100-120 V AC	220V-240V AC	100-120 V AC	220V-240V AC
	Regulador AC	± 10%					
	Potencia Nominal	2500 W					
	Potencia Pico	5000 W (unos segundos)					
	Forma de la onda	Onda sinusoidal modificada 					
	Frecuencia	50 / 60 Hz ± 3					
	Consumo en descarga	≤ 2.50 A					
	Eficiencia	≥ 90%					
	USB	5 V 500mA (opcional)					
ENTRADA	Indicador LED	Led verde conectado. Led rojo indica fallo o alarma					
	Voltaje DC	12 V		24 V		48 V	
	Rango de voltaje	9.5 ~ 16V DC		19 ~ 32 V DC		38 ~ 64 V DC	
	Conector DC	Bateria DC cable BVR10*4ea		Bateria DC cable BVR10*2ea		Bateria DC cable BVR10*2ea	

Fuente:

<https://www.distribucionessolares.es/EXT43001892/DOCUMENTOS/EXP0000070700124.PDF>

la potencia del inversor requerido es de:

$$Potencia \text{ de entrada al inversor} = \frac{3,55}{0,94} = 3,94 \text{ kW}$$

Para calcular el número de inversores

$$N_{\text{inversores}} = \frac{3,94 \text{ kW}}{2,5 \text{ kW}} = 1,56 \approx 2$$

Se usaran 2 inversores MS 2500 4B2

5.4.5. Dimensionamiento de los conductores eléctricos

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

$$I_{MAX \text{ mf}} = 1,25 \times I_{CC \text{ mf}} \times N_{\text{ramas en paral. x regulador}} \dots (11)$$

Donde:

$I_{MAX\ mf}$ = Corriente máxima en la línea Paneles-Regulador (A).

$I_{CC\ mf}$ = Corriente de cortocircuito del panel utilizado (A).

$N_{ramas\ en\ paral.\ x\ regulador}$ = Número de ramas de paneles que deben conectarse a cada regulador.

$$I_{MAX\ mf} = 1,25 \times 9,09 \times 6 = 68,18\ A$$

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

$$I_{MAX\ inv} = 1,25 \times P_{carga} / (V_{MIN\ Tacu} \times \eta_{inv}) \dots\dots(12)$$

Donde:

$I_{MAX\ inv}$ = Corriente máxima en la línea Baterías-inversor (A).

P_{carga} = Potencia de la carga en servicio continuo (A).

$V_{MIN\ Tacu}$ = El menor valor de tensión de las baterías con el que puede funcionar el inversor.

η_{inv} = Rendimiento del inversor a plena potencia en tanto por uno (%).

$$I_{MAX\ inv} = \frac{1,25 \times 3550}{2 \times 48 \times 0,94} = 49,18\ A$$

Ahora consideraremos las caídas de tensión máximas en cada tramo:

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

TRAMOS	Caída de tension permitida (V)
PANELES-CONTROLADOR	1,44
CONTROLADOR -BATERIA	0,48
CONTROLADOR-INVERSOR	0,48

Fuente: elaboración propia

Para el cálculo de la sección mínima del conductor eléctrico tenemos lo siguiente

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V} \dots\dots(13)$$

Donde:

S_{CABLE} = Sección mínima recomendada [mm^2].

L = Longitud tramo [m].

I = Corriente para cada tramo de la instalación [A].

ΔV = Caída máxima permitida para cada tramo [V].

5.4.5. Sección mínima del conductor para el tramo paneles – regulador

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V} = \frac{2 \times 7 \times 68,18}{56 \times 1,44} = 11,84 \text{ } mm^2$$

5.4.6. Cálculo de la sección mínima del conductor para el tramo regulador–inversor

De (13) tenemos

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V} = \frac{2 \times 3 \times 49,18}{56 \times 0,48} = 10,98 \text{ } mm^2$$

5.4.7. Cálculo de la sección mínima del conductor para el tramo batería–regulador

De (13) tenemos

$$S_{CABLE} = \frac{2xLxI}{56x\Delta V} = \frac{2x3x68,18}{56x0,48} = 15,22 \text{ mm}^2$$

Tabla N° 13: Características eléctricas de los conductores NYY

CALIBRE N° x mm ²	N° HILOS	ESPESORES		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)

Resumiendo, los resultados anteriores en la tabla 14 considerando las características de los conductores eléctricos de la tabla 13

Tabla N° 14: Sección de los conductores eléctricos para cada tramo

TRAMOS	Seccion teorica(mm2)	Seccion seleccionado (mm2)
PANELES-CONTROLADOR	11,84	16
CONTROLADOR -BATERIA	15,22	16
CONTROLADOR-INVERSOR	10,98	16

fuelle: Elaboración propia

Seleccionamos el conductor **NYN dúplex de: 2-1x16 mm²**

Protección del inversor⁴⁶

⁴⁶ (Agustin Castejon s.f.)

Se pondrá un interruptor automático bipolar y un interruptor diferencial bipolar de 30 mA de sensibilidad que tiene que cumplir:

$$I_{MAX\ carga} = \frac{(3\ 550/2)}{220} = 8,06\ A$$

seleccionamos un interruptor termomagnético de 10 A

5.5. 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”.

5.5.1. Cálculos eléctricos

5.5.1.1. Cálculo de caída de tensión

La fórmula para calcular redes aéreas es la siguiente:

$$Caída\ de\ tensión = K_{factor\ de\ caída\ de\ tensión} \times I \times L \times 10^{-3} \dots (14)$$

I = Corriente eléctrica que recorre el circuito, en A

L = Longitud del tramo, en m

Los factores de caída de tensión se muestran en tabla

Tabla N° 15: Factor de caída de tensión

Configuración	K (220 V)	Capacidad de corriente
2x16/25	3,272	64 A
1x16/25	3,272	64 A

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

La caída máxima de tensión entre la subestación de distribución y el extremo terminal más alejado de la red no deberá exceder el 7,0 % en nuestro caso para sistema de 220 V, la máxima caída de tensión será de: 15,4 V.

se ha considerado el conductor 1x16/25, el cual tiene una capacidad de corriente de 64 A, según la Tabla N° 15 De la potencia del inversor obtenemos la corriente eléctrica de diseño:

Aquí consideraremos la potencia del inversor

$$I_{MAX\ carga} = \frac{2500}{220 \times 0,9} = 12,63\ A$$

Como: $12,63 < 64$ OK

Para las unidades de vivienda tenemos una energía 356 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: 77,22 W, y para el local comunal 23 W

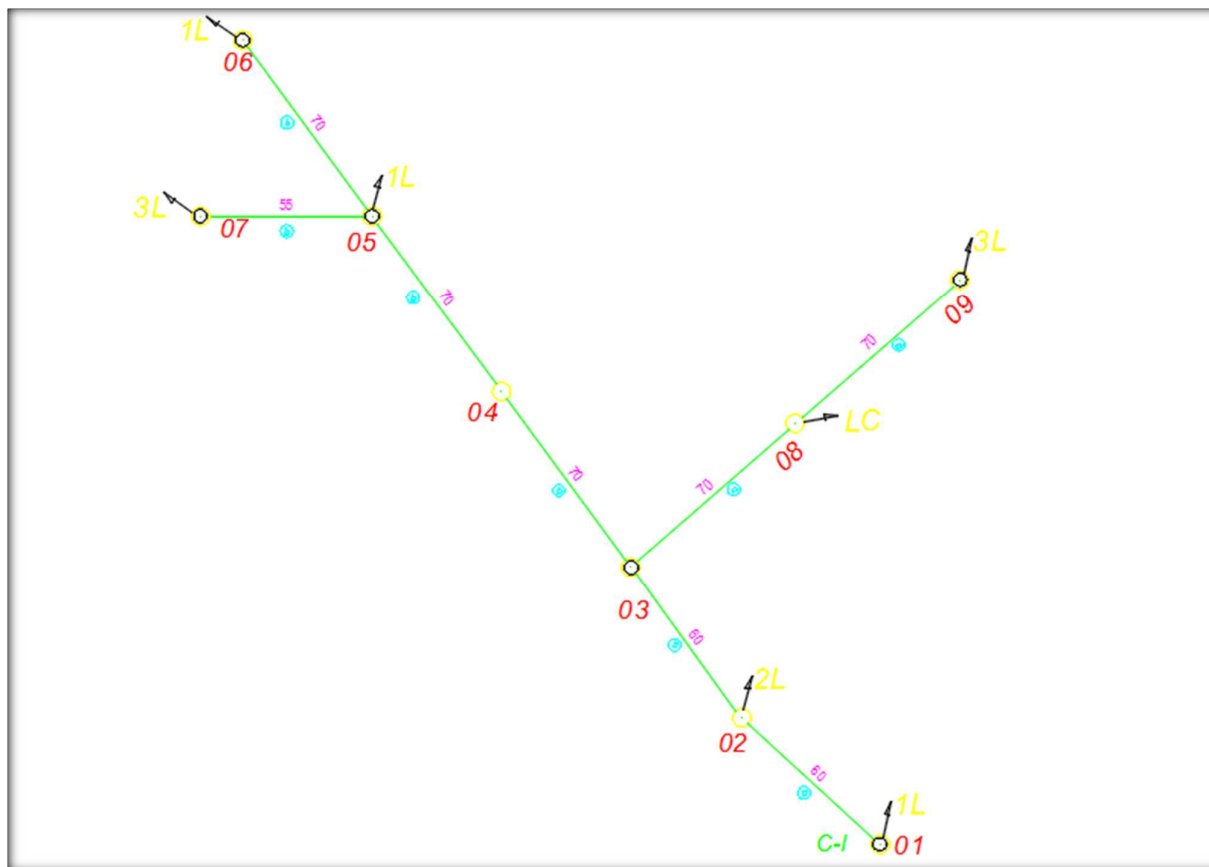


Figura N° 28: Diagrama de carga C-I⁴⁷

⁴⁷ Elaboración Propia

Tabla N° 16: Caída de tensión para el servicio particular c-I

Calculo de caida de tension red secundaria en el caserio Cuñish Grande 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 V Total [V]	% de Δ V
	N° Lotes	Local comunal	CORRIENTE [A]	POT. [W]	Σ I [A]						
1	1	1,0	0,4	77,2	4,0	30,0	1x16+N25	3,272	0,4	0,4	0,18%
2	2		0,7	154,4	3,6	60,0	1x16+N25	3,272	0,7	1,1	0,50%
3	3		1,2	254,7	2,9	60,0	1x16+N25	3,272	0,6	1,7	0,76%
4			0,0	0,0	1,8	70,0	1x16+N25	3,272	0,4	2,1	0,94%
5	4	1,0	1,4	308,9	1,8	70,0	1x16+N25	3,272	0,4	2,5	1,12%
6	1		0,4	77,2	0,4	70,0	1x16+N25	3,272	0,1	2,6	1,16%
7	3		1,1	231,7	1,1	55,0	1x16+N25	3,272	0,2	2,7	1,21%
8			0,1	23,0	1,2	70,0	1x16+N26	4,272	0,3	2,0	0,92%
9	3		1,1	231,7	1,1	70,0	1x16+N25	3,272	0,2	2,3	1,03%

1,03% < 7% **ok**

Fuente: elaboración propia

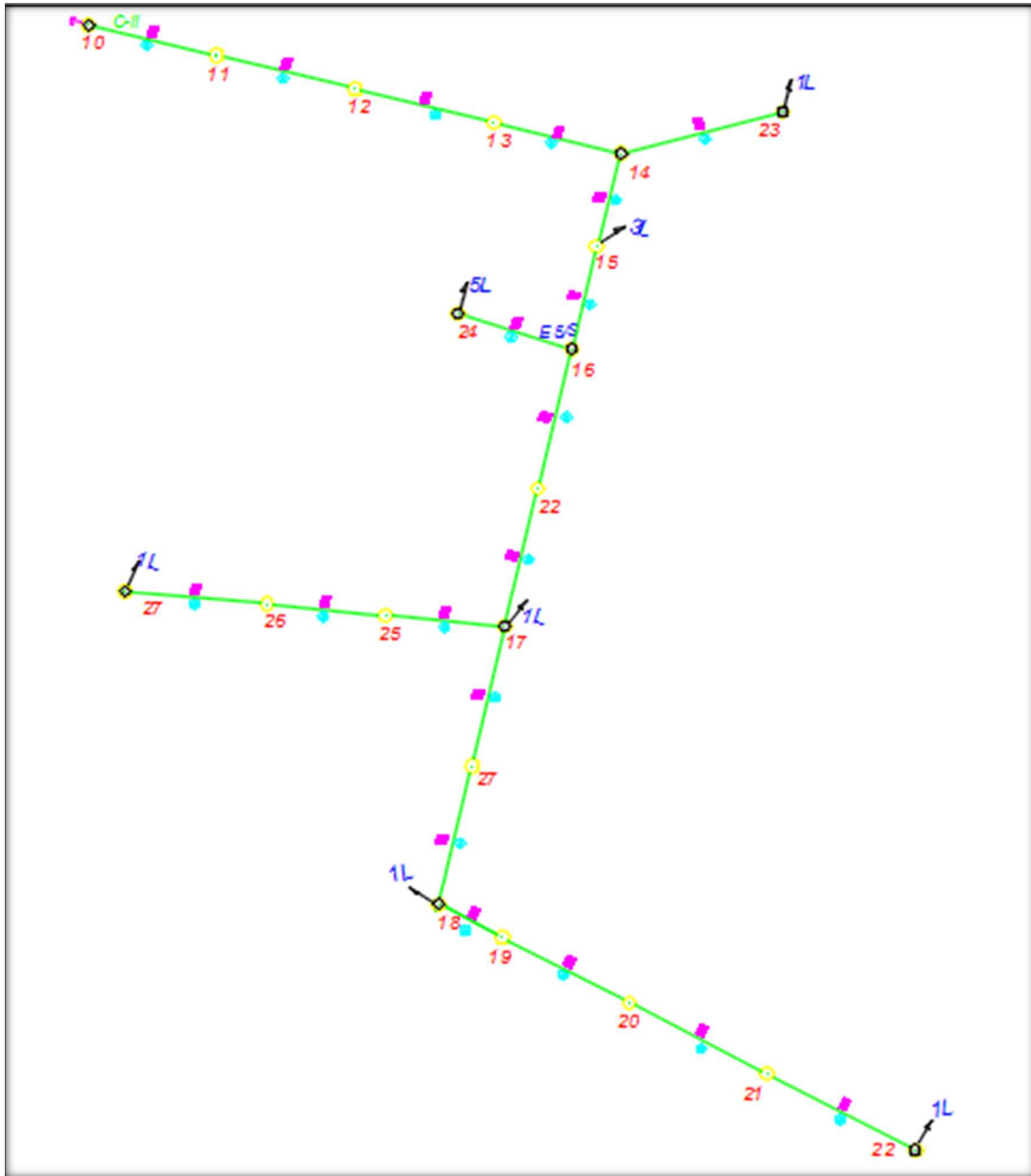


Figura N° 29: Diagrama de carga C-II⁴⁸

⁴⁸ Elaboración Propia

Tabla N° 17: Caída de tensión C-II

Calculo de caída de tension red secundaria en el caserio Cuñish Grande C-II

Punto	Servicio Particular					Long. [m]	Tipo y Sección de Cond. [mm²]	F.C.T. [V/A-km]	Δ V S.P. [V]	Σ Δ V Total [V]	% de Δ V
	N° Lotes	Local comunal	CORRIENTE [A]	POT. [W]	Σ I [A]						
10			0,0	0,0	4,6	30,0	1x16+N25	3,272	0,4	0,4	0,20%
11			0,0	0,0	4,6	55,0	1x16+N25	3,272	0,8	1,3	0,58%
12			0,0	0,0	4,6	60,0	1x16+N25	3,272	0,9	2,2	0,98%
13			0,0	0,0	4,6	60,0	1x16+N25	3,272	0,9	3,1	1,39%
14	1		0,4	77,2	4,6	55,0	1x16+N25	3,272	0,8	3,9	1,76%
15	3		1,1	231,7	4,2	40,0	1x16+N25	3,272	0,6	4,4	2,02%
16	5		1,8	386,1	3,2	45,0	1x16+N25	3,272	0,5	4,9	2,23%
17			0,0	0,0	1,4	60,0	1x16+N25	3,272	0,3	5,2	2,35%
18	2		0,7	154,4	1,4	60,0	1x16+N25	3,272	0,3	5,4	2,48%
19			0,0	0,0	0,7	60,0	1x16+N25	3,272	0,1	5,6	2,54%
20	1		0,4	77,2	0,7	60,0	1x16+N25	3,272	0,1	5,7	2,60%
21			0,0	0,0	0,4	30,0	1x16+N25	3,272	0,0	5,8	2,62%
22			0,0	0,0	0,4	60,0	1x16+N25	3,272	0,1	5,8	2,65%
23			0,0	0,0	0,4	65,0	1x16+N25	3,272	0,1	5,9	2,68%
24	1		0,4	77,2	0,4	70,0	1x16+N25	3,272	0,1	6,0	2,72%
25	1		0,4	77,2	0,4	70,0	1x16+N25	3,272	0,1	4,0	1,80%
26	1		0,4	77,2	0,4	50,0	1x16+N25	3,272	0,1	5,0	2,25%
27			0,0	0,0	0,4	50,0	1x16+N25	3,272	0,1	5,5	2,50%
28			0,0	0,0	0,4	50	1x16+N25	3,272	0,1	5,6	2,53%
29	1		0,4	77,2	0,4	70	1x16+N25	3,272	0,1	5,6	2,57%

2,72% < 7% **ok**

Fuente: elaboración propia

De las tablas de caída de tensión se tiene que para ambos circuitos esta se encuentra por debajo del 7%

Por lo tanto, desde el punto de vista eléctrico el conductor eléctrico propuesto cumple con los requerimientos. Habría que determinar si desde el punto de vista mecánico también cumple con las solicitudes requeridas.

5.5.2. Cálculos mecánicos de conductores autoportantes

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: 5,5 m.
- e)** En cruce de calles, avenidas y vías férreas: 6,5 m.

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 N° 19

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° 18: Hipótesis para la ecuación de cambio de estado

HIPÓTESIS N° 1: Condición de máximo esfuerzo	Temperatura: 5°C. Velocidad de viento: 70 Km/h.
HIPÓTESIS N° 2: Condición de mayor duración (EDS)	Temperatura: Media anual (entre 15 y 25°C, salvo excepciones) 15° C. Velocidad de viento: Nula.
HIPÓTESIS N°3: Condición de flecha máxima	Temperatura: 40°C. Velocidad de viento: Nula.

Fuente. Elaboración propia

5.5.2.1. 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.

5.5.2.2. Cálculo de cambio de estado

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

$$\sigma_F^2 \left[\sigma_F + E\alpha(t_f - t_i) + \frac{W_{ri}^2 * L^2 * E}{24 * A^2 * \sigma_i^2} - \sigma_i \right] = \frac{W_{rF}^2 * L^2 * E}{24 * A^2} \dots(15)$$

Donde:

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 (°C⁻¹)

E : Módulo de elasticidad (Kg/mm²)

A : Sección (mm²)

L : Vano (m)

La carga Unitaria Resultante del Conductor.

$$W_r = \sqrt{W_C^2 + W_V^2} \dots(16)$$

Donde:

$$W_V = \frac{d * P_v}{1000} \dots(17)$$

P_v : Presión del viento (Kg/m²)

d : Diámetro del conductor (mm)

W_c : Peso propio del conductor (Kg/m)

Flecha del Conductor. $f = \frac{W_r * L^2}{8A\sigma} \dots(18)$

Tabla N° 19: características de los cables autoportantes

Formación	Sección del conductor(mm ²)	Diámetro exterior (mm)	Masa total kg(m)	Módulo de Elasticidad (kN/mm ²)	Coeficiente de dilatación térmica(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

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.

$$V_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n L_i^3}{\sum_{i=1}^n L_i}} \dots(19)$$

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

vano (m)	
70	343000
70	343000
70	343000
60	216000
60	216000
Σ 330	1461000

Vano
basico 66,53775

Sabiendo que el vano básico es un vano equivalente entre dos estructuras de y en el plano de distribución de red secundaria (ANEXO 07) tenemos vanos de 70 m entre dos puntos de anclaje, entonces el vano básico que vamos a considerar es de 70 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.

$$H = 0,30 + 0,05 + 0,89 + 5,50 + (0,10 \cdot H + 0,60)$$

$$\mathbf{H = 8,16\ m}$$

De acuerdo a esto un poste de 9 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).

A partir de la ecuación de cambio de estado elaboramos la tabla de cálculo mecánico del conductor

Tabla N° 20: Calculo mecánico del conductor eléctrico

Vano (m)	70
σ (Kg/mm ²) HIP. I f (m)	9,04 1,07
σ (Kg/mm ²) HIP. II f (m)	5,44 0,72
σ (Kg/mm ²) HIP. III f (m)	4,02 0,98

Fuente: elaboración propia

De la Tabla N° 20, observamos que para el vano básico de 70 m el valor del esfuerzo máximo es de 9,04 kg/mm², que está muy por debajo del esfuerzo máximo del conductor que es de:17,60 kg/mm²

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

5.6 Medrado y presupuesto

5.6.1 Medrado y presupuesto del sistema fotovoltaico

Tabla N° 21: valor referencial del sistema fotovoltaico

"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICA PARA ELECTRIFICAR EL CASERIO CUÑISH GRANDE- SAN LUIS - SAN PABLO - CAJAMARCA."		
RESUMEN GENERAL SISTEMA FOTOVOLTAICO		
ITEM	DESCRIPCION	TOTAL
A	SUMINISTROS DE MATERIALES	66 334,00
B	MONTAJE ELECTROMECHANICO	5 306,72
C	TRANSPORTE DE MATERIALES	4 643,38
F	TOTAL COSTO DIRECTO (C.D.) (S/.)	76 284,10

fuelle: elaboración propia

Tabla N° 22: valor referencial para el suministro de materiales para el sistema fotovoltaico

<i>ítem</i>	<i>Descripción</i>	<i>Und.</i>	<i>Cant.</i>	<i>Costo unitario S/</i>	<i>Sub-Total S/</i>
01	<i>Panel solar 60 celdas 260Wp</i>	<i>Unid.</i>	<i>24</i>	<i>852,00</i>	<i>20 448,00</i>
02	<i>Controlador Blue Solar MPPT 150 I 75 Tr</i>	<i>Unid.</i>	<i>2</i>	<i>1 771,00</i>	<i>3 542,00</i>
03	<i>Batería Plomo ácido 12V 357 Ah ROLLS 12 CS 11P</i>	<i>Unid.</i>	<i>16</i>	<i>2 140,00</i>	<i>34 244,00</i>
04	<i>Inversor 48V 2500W MS 2500 4B2</i>	<i>Unid.</i>	<i>2</i>	<i>1 400,00</i>	<i>2 800,00</i>
05	<i>Estructura Metálica de soporte</i>	<i>Glb.</i>	<i>1</i>	<i>3 500,00</i>	<i>3 500,00</i>
06	<i>Accesorios del SFV</i>	<i>Glb</i>	<i>1</i>	<i>1 800,00</i>	<i>1 800,00</i>
TOTAL					66 334,00

fuelle: elaboración propia

5.6.2 Medrado y presupuesto de la red de distribución secundaria

Tabla N° 23: Valor referencial de la red de distribución eléctrica secundaria

"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICA PARA ELECTRIFICAR EL CASERIO CUÑISH GRANDE- SAN LUIS - SAN PABLO - CAJAMARCA."		
RESUMEN GENERAL DE REDES SECUNDARIAS		
ITEM	DESCRIPCION	TOTAL
A	SUMINISTROS DE MATERIALES	39 497,75
B	MONTAJE ELECTROMECHANICO	14 328,69
C	TRANSPORTE DE MATERIALES	3 159,82
F	TOTAL COSTO DIRECTO (C.D.) (S/.)	56 986,26

fuelle: elaboración propia

Tabla N° 24: suministro de materiales para la red de distribución secundaria

"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICA PARA ELECTRIFICAR EL CASERIO CUÑISH GRANDE- SAN LUIS - SAN PABLO - CAJAMARCA."				
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	Metrado Total Cantidad	TOTAL S/.
1.00	<u>POSTES DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO</u>			
1.01	POSTE DE CAC 9m/300 daN (INCLUYE PERILLA)		14,00	9 040,50
1.02	POSTE DE CAC 9m/200 daN (INCLUYE PERILLA)		14,00	5 740,00
	SUB-TOTAL 1:			14 780,50
2.00	<u>CABLES Y CONDUCTORES DE ALUMINIO</u>			
2.02	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 1X16/25	Km	1,52	6 089,60
2.05	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 2X25/25	Km	0,24	1 452,00
	SUB-TOTAL 2:			7 541,60
3.00	<u>ACCESORIOS DE CABLES AUTOPORTANTES</u>			
3.01	GRAPA DE SUSPENSION ANGULAR PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 A 35 mm ²	u	19,00	247,00
3.02	GRAPA DE ANCLAJE PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 A 35 mm ²	u	16,00	240,00
3.03	CONECTOR BIMETÁLICO, PARA Al 25mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	u		
3.04	CONECTOR BIMETÁLICO AISLADO, PARA Al 35mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓN	u		
3.05	CONECTOR, PARA Al 25mm ² , PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	u	5,00	33,50
3.06	CONECTOR AISLADO, PARA Al 35mm ² , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓN	u		
3.07	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	u	119,00	41,65
3.08	CINTA AUTOFUNDANTE PARA EXTREMO DE CABLE	u	44,00	42,70
3.09	CINTA AISLANTE	rl	50,00	180,00
	SUB-TOTAL 3:			784,85
4.00	<u>CABLES Y CONDUCTORES DE COBRE</u>			
4.04	CONDUCTOR DE Cu RECOCIDO, TIPO N2XY, BIPOLAR, 2x10 mm ² , CUBIERTA NEGRA	m		
4.07	CONDUCTOR DE COBRE CONCENTRICO, 2 x 4 mm ² , CON AISLAMIENTO Y CUBIERTA DE PVC	m	630,00	3 087,00
4.08	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO, DESNUDO DE 16 mm ²	m	72,00	475,20
	SUB-TOTAL 4:			3 562,20
5.00	<u>LUMINARIAS, LAMPARAS Y ACCESORIOS</u>			
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	4,00	360,00
5.02	LUMINARIA COMPLETA CON EQUIPO PARA LAMPARA DE 50 W	u	4,00	784,00
5.03	LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION DE 50 W	u	4,00	140,00
5.04	PORTA FUSIBLE UNIPOLAR 220V, 5A, PROVISTO CON FUSIBLE DE 1A	u	4,00	100,00
5.05	CONECTOR BIMETÁLICO PORRADO PARA Al 35 mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA FASE AISLADA TIPO PERFORACIÓN	u	4,00	42,00
5.06	CONECTOR BIMETÁLICO PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA NEUTRO DESNUDO TIPO CUÑA	u	4,00	23,68
	SUB-TOTAL 5:			1 449,68
6.00	<u>RETENIDAS Y ANCLAJES</u>			
6.01	CABLE DE ACERO GRADO SIEMENS MARTIN, DE 10 mm Ø, 7 HILOS	m	180,00	756,00
6.02	PERNO ANGULAR CON OJAL-GUARDACABO DE A°G°, 16 mm Ø x 203 mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	u	108,00	1 026,00
6.04	VARILLA DE ANCLAJE DE A° G° DE 16 mm Ø x 240 mm, PROV. DE OJAL GUARD. EN UN EXTREMO; TCA Y CTCA EN EL OTRO	u	18,00	630,00
6.05	ARANDELA DE ANCLAJE, DE A° G°, 102 x 102 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø	u	18,00	90,00
6.06	MORDAZA PREFORMADA DE A° G° PARA CABLE DE 10 mm Ø	u	36,00	324,00
6.07	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A° G°, 57 x 57 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø	u	36,00	72,00
6.08	SOPORTE DE CONTRAPUNTA DE 51 mm Ø x 1000 mm DE LONG. CON ABRAZADERA PARTIDA EN UN EXTREMO	u		
6.09	ALAMBRE DE ACERO N° 12; PARA ENTORCHADO	m	54,00	54,00
6.10	BLOQUE DE CONCRETO DE 0,40 x 0,40 x 0,15 m	u	18,00	504,00
6.11	CONECTOR BIMETÁLICO PORRADO PARA Al 25 mm ² Y COBRE DE 16mm ² , TIPO CUÑA	u	18,00	120,60
6.12	CONECTOR DOBLE VIA BIMETÁLICO PARA CABLE DE ACERO DE 10mm Ø Y COBRE DE 16 mm ²	u	18,00	106,56
	SUB-TOTAL 6:			3 683,16
7.00	<u>ACCESORIOS DE FERRETERIA PARA ESTRUCTURAS</u>			
7.01	PERNO CON GANCHO DE 16mm Ø, PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		
7.02	PERNO CON GANCHO DE 16mm Ø, PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	19,00	205,20
7.03	PERNO DE A°G° DE 13mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		
7.04	PERNO DE A°G° DE 13mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	28,00	229,60
7.05	PERNO CON OJAL, DE A°G° DE 16mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		
7.06	PERNO CON OJAL, DE A°G° DE 16mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	14,00	156,80
7.07	TUERCA-OJAL DE A°G° PARA PERNO DE 16 mm Ø	u	2,00	16,60
7.08	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm PROVISTO DE HEBILLA, 40 cm LONGITUD	u		
7.09	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57x57 mm, AGUJERO DE 18mm Ø	u	47,00	94,00
7.11	CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS, SISTEMA 220 V (10 BORNERAS EN CADA BARRA DE Cu)	u		
7.12	PORTALINEA UNIPOLAR DE A°G°, PROVISTO DE PIN DE 10 mm Ø	u	56,00	239,68
	SUB-TOTAL 7:			941,88
8.00	<u>PUESTA A TIERRA</u>			
8.01	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE DE 16 mm Ø x 2,40 m	u	8,00	344,00
	CONECTOR BIMETÁLICO PARA Al 25 mm ² Y COBRE DE 16mm ² , TIPO CUÑA	u	8,00	57,60
8.02	CONECTOR DE BRONCE PARA ELECTRODO DE 16 mm Ø Y CONDUCTOR DE COBRE 16 mm ²	u	8,00	52,00
	SUB-TOTAL 8:			453,60
9.00	<u>CONEXIONES DOMICILIARIAS</u>			
9.01	TUBO DE A°G° STANDARD / REDONDO DE 19mm x 1,5mm x 2,5m, PROVISTO DE CODO	u	28,00	937,72
9.06	ARMELLA TIRAFONDO DE 10mm f x 64mm DE LONGITUD	u	28,00	33,60
9.07	TARUGO DE CEDRO DE 13 mm x 50 mm	u	28,00	18,48
9.08	ALAMBRE GALVANIZADO N° 12 AWG	m	112,00	112,00
9.09	CONECTOR BIMETÁLICO AISLADO, PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓN	u	28,00	294,00
9.10	CONECTOR BIMETÁLICO, PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	u	28,00	120,40
9.11	TEMPLADOR DE A°G°	u	56,00	117,60
9.12	CAJA METÁLICA PORTAMEDIDOR, EQUIPADO CON INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 10A	u	28,00	2 146,48
9.13	MEDIDOR MONOF. DE ENERGIA ACTIVA, TIPO ELECTRONICO CON MICRO PROCESADOR DE 220 V; 10-40 A; 60 Hz; CLASE 1.	u	28,00	2 520,00
	SUB-TOTAL 9:			6 300,28
TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES				39 497,75

fuentes: elaboración propia

Tabla N° 25: Valor referencial para el montaje de las redes secundarias

MONTAJE ELECTROMECHANICO PARA REDES SECUNDARIAS					
"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICA PARA ELECTRIFICAR EL CASERIO CUÑISH GRANDE- SAN LUIS - SAN PABLO - CAJAMARCA."					
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	METRADO TOTAL CANT.	PRECIO UNIT. S/.	TOTAL S/.
5,00	<u>MONTAJE DE CONDUCTORES AUTOPORTANTES</u>				
	COMPRENDE TENDIDO Y PUESTA EN FLECHA DE :				
5,01	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 3X16+16/25 mm2	km	0,0		0,00
5,02	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 2X16/25 mm2	km	1,5	606,89	923,93
5,05	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 1X16/25 mm2	km	0,2	510,25	123,48
	SUB-TOTAL 5:				1 047,41
6,00	<u>INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA</u>				
6,01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y/o conglomerado)	m ³	12,3	31,62	389,56
6,02	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso)	m ³	0,0	112,44	0,00
6,03	INSTALACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 EN POSTE DE CONCRETO	u	8,0	18,19	145,52
6,04	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE PUESTA A TIERRA	m ³	16,0	45,57	730,03
	SUB-TOTAL 6:				1 265,11
7,00	<u>PASTORALES, LUMINARIAS Y LAMPARAS</u>				
7,01	INSTALACIÓN DE PASTORAL DE A° G°	u	4,0	19,63	78,52
7,02	INSTALACIÓN DE LUMINARIA Y LÁMPARA	u	4,0	34,58	138,32
	SUB-TOTAL 7:				216,84
8,00	<u>CONEXIONES DOMICILIARIAS</u>				
8,01	INSTALACIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA, QUE CONPRENDE : CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIAS, MONTAJE DE MEDIDOR Y CONTRASTE DEL MEDIDOR.				
8,02	CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA CONFIGURACIÓN CORTA (SIN MEDIDOR)	u	14,0	35,26	493,64
8,03	CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA CONFIGURACIÓN LARGA (SIN MEDIDOR)	u	14,0	42,67	597,38
8,04	INSTALACION DE MEDIDOR DE ENERGIA ACTIVA ELECTRONICO	u	28,0	11,09	310,52
8,05	CONTRASTE DE MEDIDOR MONOFÁSICO DE ENERGÍA ACTIVA - ELECTRÓNICO	u	28,0	20,00	560,00
	SUB-TOTAL 8:				1 961,54
9,00	<u>PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO:</u>				
9,01	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	Loc	1,0	452,97	452,97
	SUB-TOTAL 9:				452,97
TOTAL MONTAJE ELECTROMECÁNICO				S/.	14 328,69

fuelle: elaboración propia

5.6.3 Presupuesto total del sistema fotovoltaico, distribución de energía eléctrica en 220 en el caserío Succha - Bambamarca

Tabla N° 26: Presupuesto para el sistema de generación y distribución de energía eléctrica

"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICA PARA ELECTRIFICAR EL CASERIO CUÑISH GRANDE- SAN LUIS - SAN PABLO - CAJAMARCA."		
ITEM	DESCRIPCION	TOTAL
A	PRESUPUESTO DE LA RED DE DISTRIBUCION	56 986,26
B	PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE GENERACION	76 284,10
	TOTAL S/.	133 270,36
G	GASTOS GENERALES	6 663,52
H		6 663,52
I	COSTO TOTAL SIN I.G.V. (S/.)	146 597,40
J	I.G.V. (S/.)	27 853,51
COSTO TOTAL INLUIDO I.G.V. (S/.)		174 450,91

fuelle: elaboración propia

CONCLUSIONES

Conclusiones

- a) El consumo de energía diaria total proyectado para el caserío Cuñish Grande es de 16 870 Wh/día y una potencia de 3,55 kW y la potencia requerida para el sistema fotovoltaico es de 5,92 kWp.
- b) Los datos de radiación solar promedio mensual obtenidos de la página de la NASA (5,16 kWh/m²/día), del atlas del SENAMHI (4,75 kWh/m²/día) y del Software Solarius plus (6,16 kWh/m²/día) , en donde se tomó el nivel de radiación solar más bajo 4,75 kWh/m²/día.
- c) La instalación fotovoltaica estará compuesta por 24 paneles fotovoltaicos de 260 Wp de potencia cada uno, 16 baterías de 357 Ah, 02 reguladores de carga y 02 inversores. La potencia instalada del sistema de captación de energía de 6,24 kWp. En el ANEXO 06, se muestra el equipamiento de la instalación fotovoltaica en un plano.
- d) El presupuesto referencial para el sistema del sistema fotovoltaico con la red de distribución llegando a un total de: S/. 174 450,91

BIBLIOGRAFÍA

Abad Mariños, Paul Simon, y Edwins Alex Flores Mendo. «Dimensionamiento de un Sistema Fotovoltaico Autónomo para Reducir el Consumo de Combustible en la Plataforma de Descarga de la Pesquera Exalmar – Chimbote Perú.» Chimbote, 2016.

Agustin Castejon, German Santamaria. instalaciones solares fotovoltaicas. España, s.f.

Arenas Sánchez, Danny Andres, y Hodman Steven Zapata Castaño. libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones. Pereira, 2011.

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

Chercca Ramirez, Juan Avilio. «Aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO2 en el poblado rural la Gramita de Casma".» Lima, 2014.

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.

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 aisado 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 Cruceñito, ubicado en el km 901, carretera Lambayeque – Piura”.» Lambayeque, 2016.

Macías Alvarado, Rodrigo Andrés. Estudio teórico y experimental sobre el dimensionamiento de paneles fotovoltaicos para la creación de una micro-centrales de energía solar en viviendas de sectores rurales de Valdivia. Valdivia, Chile, 2011.

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.

Ortega Hidalgo, Oscar Ivan, y Andres Guillermo Boada Carabali. «Procedimiento tecnico para la implementacion de microcentrales electricas usando paneles solares.» Quito, 2013.

Ramirez Quiroz, Elmer Hernán. Modelo Estratégico para viabilizar proyectos de generación de electricidad utilizando energías renovables no convencionales en zonas rurales del Perú, para promover su desarrollo sustentable. Lima, Perú, 2015.

Real Arboleda, Julian Andres, y Javier Hernando Perilla Fagua. Planta de generación fotovoltaica. Bogotá, Colombia, 2012.

Sanz Moya, Roberto. Diseño de una central fotovoltaica de 100 kWp de potencia nominal. 2010.

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

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

Velazquez Cespedes, Roberto Andres. «Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Santiago de Chile.» tesis, Universidad de Santiago de Chile, Santiago-Chile, 2012.

ANEXOS

ANEXO N°01. FICHA TÉCNICA DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS SELECCIONADOS

ANEXO N°02. FICHA TÉCNICA DE LAS BATERÍAS SELECCIONADAS

ANEXO N°03. FICHA TÉCNICA DE LOS REGULADORES SELECCIONADOS

ANEXO N°04. FICHA TÉCNICA DE LOS INVERSORES SELECCIONADOS

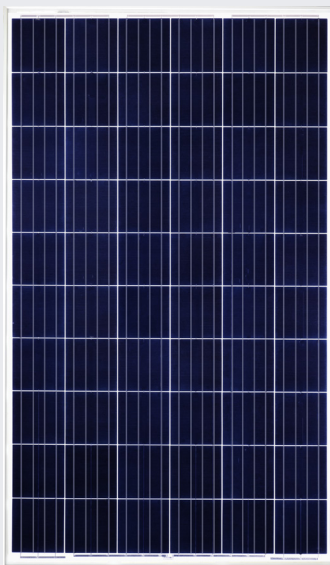
ANEXO N°05. CATALOGO DE CABLES NYY DUPLEX

ANEXO N°06. EQUIPAMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICO

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

ANEXO N° 08. PLANO DE MONTAJE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

YGE 60 CELL SERIES 2



EFICIENCIA DE LA CÉLULA

18.5%

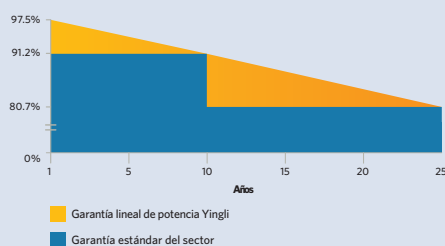
GARANTÍA DE PRODUCTO

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)

Tipo de módulo	YLxxxP-29b (xxx=P _{max})							
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



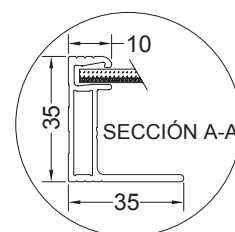
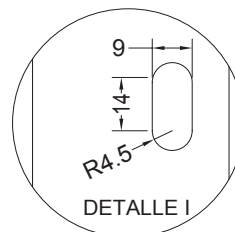
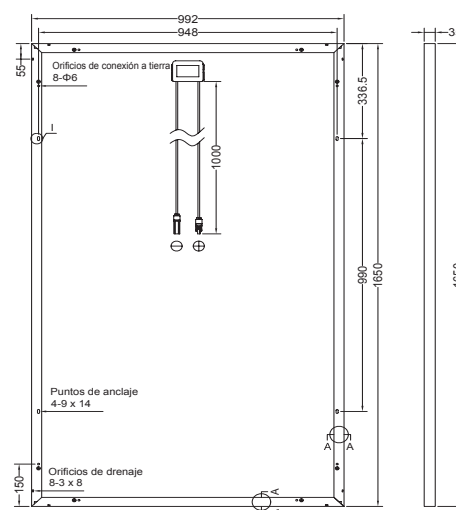
CARACTERÍSTICAS GENERALES

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





FLOODED DEEP CYCLE BATTERIES

12 CS 11P

12 VOLTS



CONTAINER: (INNER)	Polypropylene
COVER: (INNER)	Polypropylene - heat sealed to inner container
CONTAINER: (OUTER)	High Density Polyethylene
COVER: (OUTER)	High Density Polyethylene snap fit to outer container
TERMINALS:	Flag with stainless steel nuts & bolts
HANDLES:	Molded

WEIGHT DRY:	100 kg	220 Lbs.
WEIGHT WET:	123 kg	272 Lbs.
LENGTH:	559 mm	22 Inches
WIDTH:	286 mm	11 1/4 Inches
HEIGHT:	464 mm	18 1/4 Inches

PLATE HEIGHT:	273 mm	10.750 Inches
PLATE WIDTH:	143 mm	5.625 Inches
THICKNESS (POSITIVE):	6.60 mm	0.260 Inches
THICKNESS (NEGATIVE):	4.57 mm	0.180 Inches
POSITIVE PLATE DOUBLE WRAPPED WITH SLYVER ENVELOPED WITH HEAVY DUTY SEPARATOR		



CELLS:	11 Plates/Cell	6 Cell
SEPARATOR THICKNESS:	3 mm	0.105 Inches
GLASS MAT INSULATION:	1 mm	0.020 Inches
ELECTROLYTE RESERVE: ABOVE PLATES	95 mm	3.75 Inches

COLD CRANK AMPS (CCA):	0°F / -17.8°C	845
MARINE CRANK AMPS (MCA):	32°F / 0°C	1056
RESERVE CAPACITY (RC @ 25A):		768 Minutes

CAPACITY **357 AH**

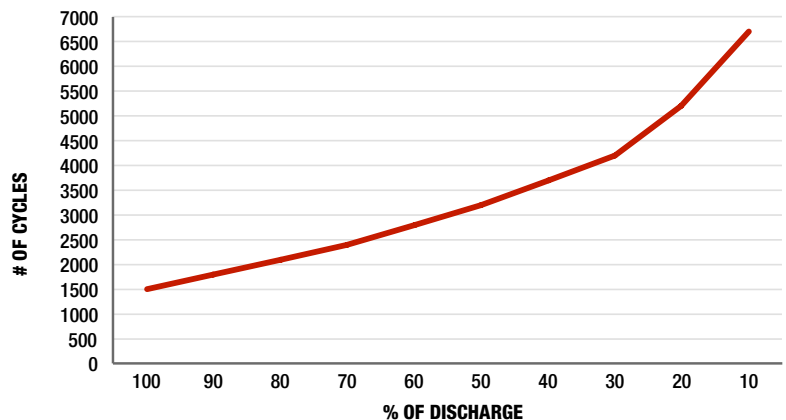
HOURLY RATE:	SPECIFIC GRAVITY	CAPACITY / AMP HOUR	CURRENT / AMPS
@ 100 HOUR RATE	1.280	503	5.03
@ 72 HOUR RATE	1.280	475	6.59
@ 50 HOUR RATE	1.280	439	8.78
@ 24 HOUR RATE	1.280	371	15.47
@ 20 HOUR RATE	1.280	357	17.85
@ 15 HOUR RATE	1.280	332	22.13
@ 12 HOUR RATE	1.280	311	25.88
@ 10 HOUR RATE	1.280	296	29.63
@ 8 HOUR RATE	1.280	278	34.81
@ 6 HOUR RATE	1.280	253	42.25
@ 5 HOUR RATE	1.280	239	47.84
@ 4 HOUR RATE	1.280	221	55.34
@ 3 HOUR RATE	1.280	200	66.64
@ 2 HOUR RATE	1.280	171	85.68
@ 1 HOUR RATE	1.280	121	121.38

Ampere Hour capacity ratings based on specific gravities of 1.280. Reduce capacities 5% for 1.265 specific gravity and 10% for specific gravities of 1.250

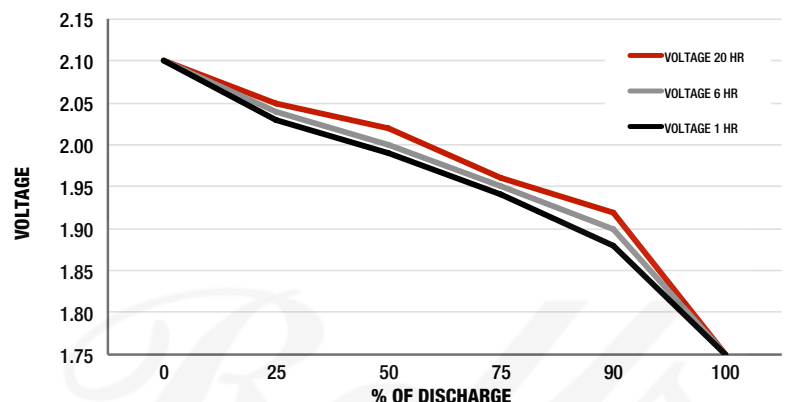
WWW.ROLLSBATTERY.COM

SPEC 01

CYCLE LIFE VS. DEPTH OF DISCHARGE



VOLTAGE VS. DEPTH OF DISCHARGE



SURRETTE BATTERY COMPANY 1 STATION RD SPRINGHILL, NS CANADA B0M 1X0

1/1/2014 REV. 1

Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada- o MC4 PV

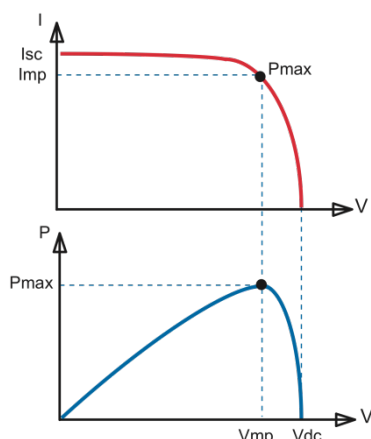
MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100

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.

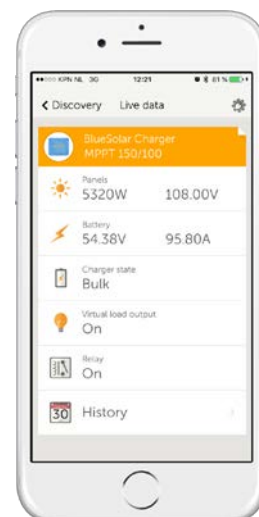
Protección de corriente inversa FV.

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	



eleksol

Power Inverter

MS SERIES (2500-2500W) CON USB




CARACTERÍSTICAS

- » Con puerto USB
- » Diseñado para suministrar una alimentación de calidad, facilidad de uso y fiabilidad
- » Alarma de batería baja: Advierte cuando la batería se descarga por debajo de los 11V
- » Desconexión por batería baja: Se desconecta automáticamente si la batería desciende de los 10.5V protegiendo a la batería de una descarga irreversible.
- » Desconexión por sobre voltaje: Se desconecta automáticamente si detecta un voltaje de entrada superior a 15V
- » Desconexión por sobrecarga: Se desconecta si detecta un cortocircuito en la salida de alterna o si se supera la potencia del inversor.
- » Desconexión por temperatura: Se desconecta si la temperatura supera el límite de diseño.
- » La onda sinusoidal modificada es compatible con la mayoría de cargas eléctricas.

CONTACTO: +34 985 794 703 | info@eleksol.com

Nota: Las especificaciones pueden cambiar sin previo aviso. (Sino necesita USB, por favor contacte con nuestro comercial). Control Remoto Opcional.

RoHS CE LVD/EMC 1.5 YEAR LIMITED WARRANTY

MODELO		ELEKSOL MS2500-121	ELEKSOL MS2500-122	ELEKSOL MS2500-241	ELEKSOL MS2500-242	ELEKSOL MS2500-481	ELEKSOL MS2500-482
SALIDA	Voltaje AC	110 V	230 V	110 V	230 V	110 V	230 V
	Rango de Voltaje AC	100-120 V AC	220V-240V AC	100-120 V AC	220V-240V AC	100-120 V AC	220V-240V AC
	Regulador AC	± 10%					
	Potencia Nominal	2500 W					
	Potencia Pico	5000 W (unos segundos)					
	Forma de la onda	Onda sinusoidal modificada 					
	Frecuencia	50 / 60 Hz ± 3					
	Consumo en descarga	≤ 2.50 A					
	Eficiencia	> 90%					
	USB	5 V 500mA (opcional)					
	Indicador LED	Led verde conectado. Led rojo indica fallo o alarma					
ENTRADA	Voltaje DC	12 V		24 V		48 V	
	Rango de voltaje	9.5 ~ 16V DC		19 ~ 32 V DC		38 ~ 64 V DC	
	Conector DC	Bateria DC cable BVR16*4ea		Bateria DC cable BVR16*2ea		Bateria DC cable BVR10*2ea	
PROTECCIÓN	Desconexión por batería baja	11 ± 0.5 V DC		22 ± 1V DC		44 ± 2V DC	
	Cierre de bajo voltaje	9.5 ± 0.5 V DC		19 ± 1V DC		38 ± 2V DC	
	Reestablecer conexion después de L.V.S.	11.5 ~ 12 V DC		23 ~ 24V DC		46 ~ 48V DC	
	Sobrecarga	Desconectar el consumo. Auto rearme					
	Sobre voltaje	15 ± 0.5 V DC		30 ± 1 V DC		60 ± 2 V DC	
	Sobre temperatura	Desconecta el consumo automáticamente . Auto rearme					
	Cortocircuito a la salida	Desconectar el consumo. Auto rearme					
	Inversión de polaridad	Fusible quemado					
	Reemplazar fusible	30 A*10, 20 A*2	30 A*10, 20 A*1	15 A*10, 20 A*2	15 A*10, 20 A*1	7.5 A*10, 20 A*2	7.5 A*10, 20 A*1
CONDICIONES AMBIENTALES	Temp. de funcionamiento	0 ~ 30°C = @ 100% load; 40°C = @50% carga					
	Humedad de funcionamiento	20% ~ 90% RH sin condensación					
	Temperatura y humedad de almacenamiento	-30 ~ + 70°C/-22 ~ + 158°F, 10~95%RH					
	Coeficiente de temp.	10% ~ 90% RH					
SEGURIDAD & EMC	Resistencia del aislamiento	-20°C ~ + 50°C					
	Conducción y radiación EMI	I/P - O/P:100 M Ohms/500VDC/25/70%RH					
	Inmunidad EMS	Conformidad a EN55022 chass B, 72/245/CEE, 95/64/CE					
	LVD	Conformidad a EN61000 - 4 - 2, 3					
	E- Mark	Conformidad a EN60950, EN61558-1-2					
OTROS	Peso (g)	5900 g					
	Dimensiones (cm)	32.3 * 22.9 * 10 cm					
	Embalaje	Caja, 2 unidades / 13.5 Kg / Ctn (40*31.5*37cm)					
	Clavijas de salida	A, B, C, D, E, F, G, GFCI, GFCI Opcional					

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 NYN convencionales y mejor disipación de calor permitiendo obtener una mayor intensidad de corriente admisible. Retardante a la llama.

Marcación

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

Calibre

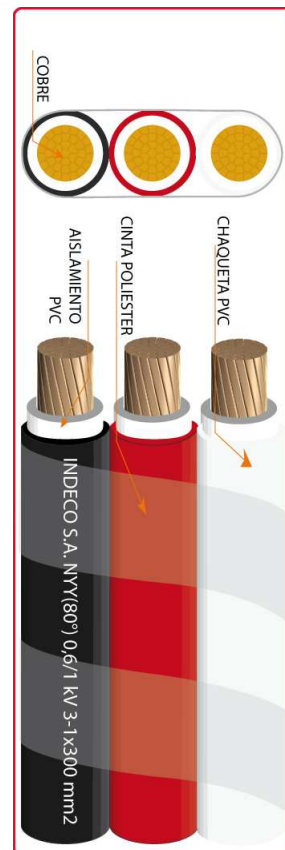
6 mm² – 500 mm²

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

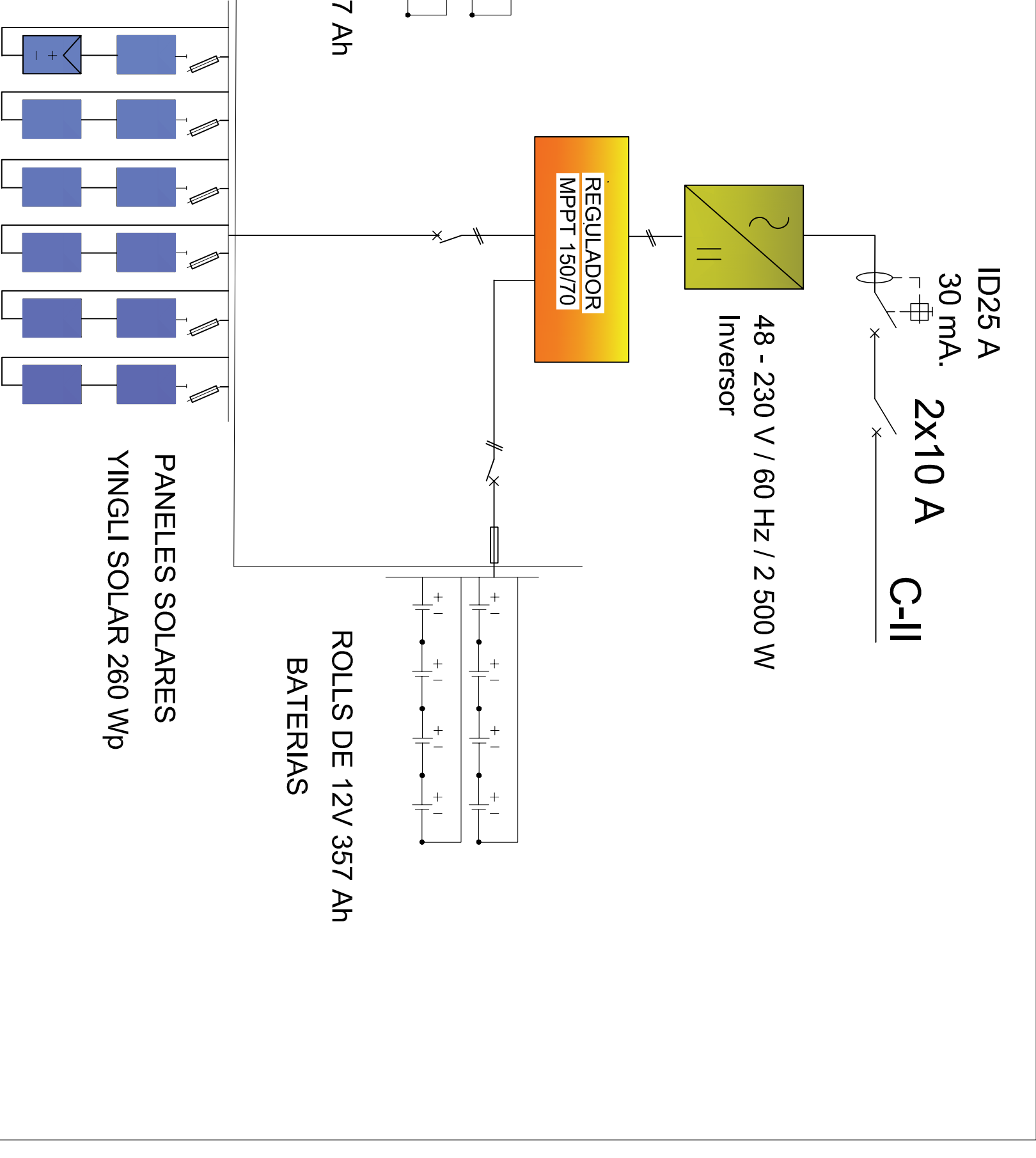
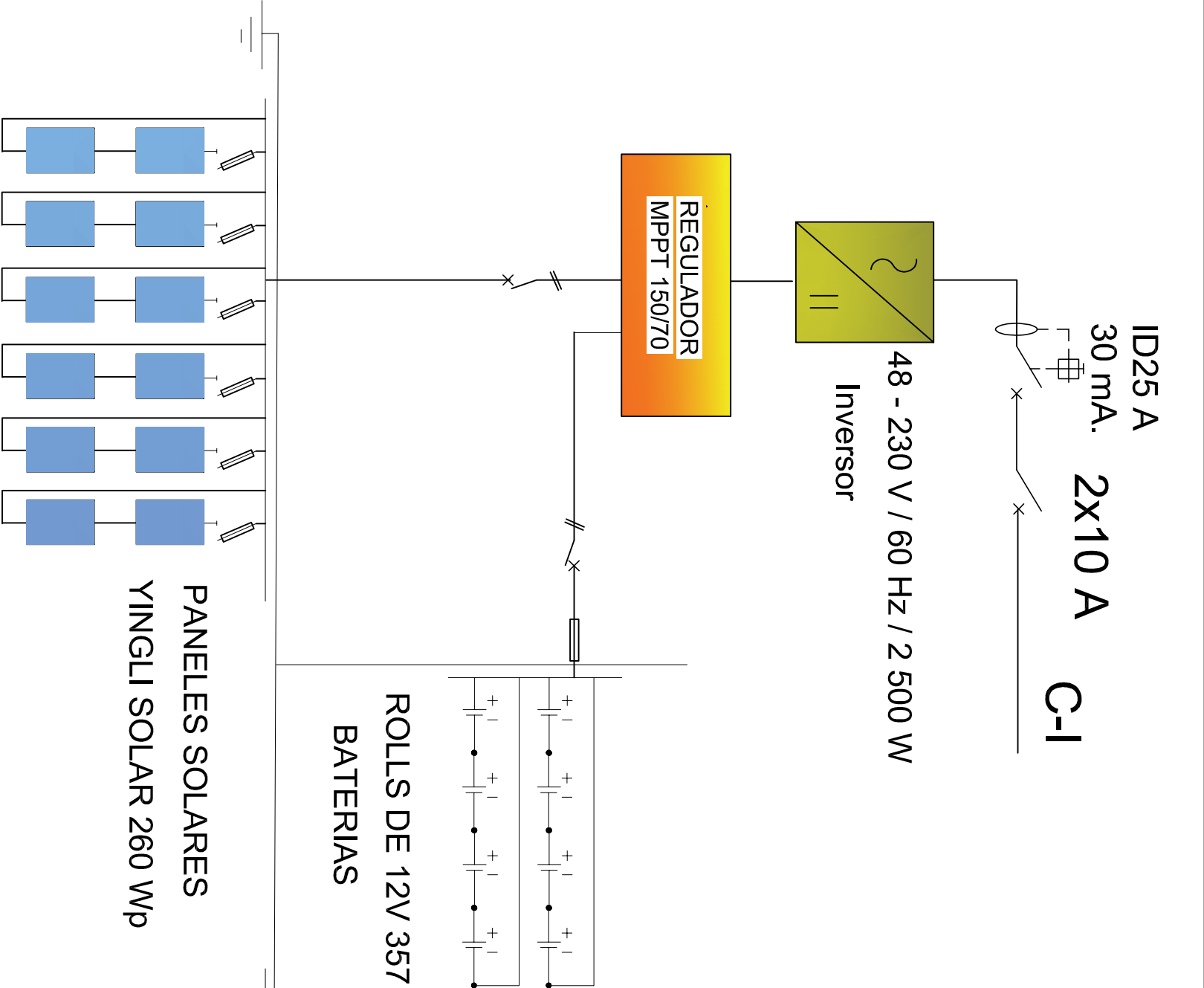
TABLA DE DATOS TECNICOS NYY DUPLEX

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

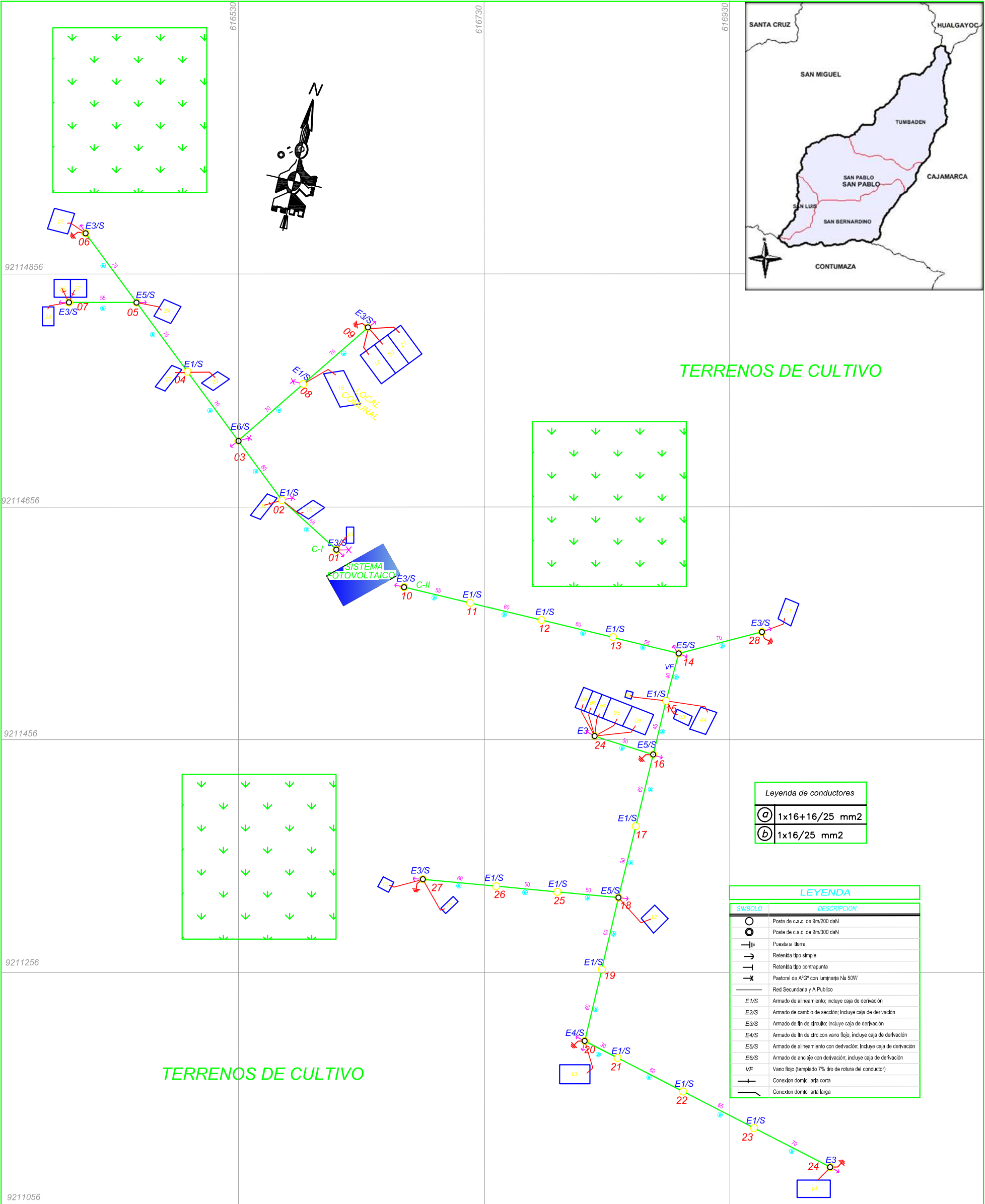
CALIBRE	Nº HILOS	ESPESORES		DIMENCIONES		PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA	ALTO	ANCHO		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm²		mm	mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
3 - 1 x 6	1	1	1.4	7.8	23.2	324	72	54	58
3 - 1 x 10	1	1	1.4	8.6	25.7	455	95	74	77
3 - 1 x 16	7	1	1.4	9.8	29.1	672	127	100	102
3 - 1 x 25	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



LEYENDA	
	Conexión directa
	Conexión abierta
	Instalación conectada a tierra
	Baterías de potencia a tierra
	Fusible
	Interruptor
	Panel solar
	Inversor
	Regulador MPPT

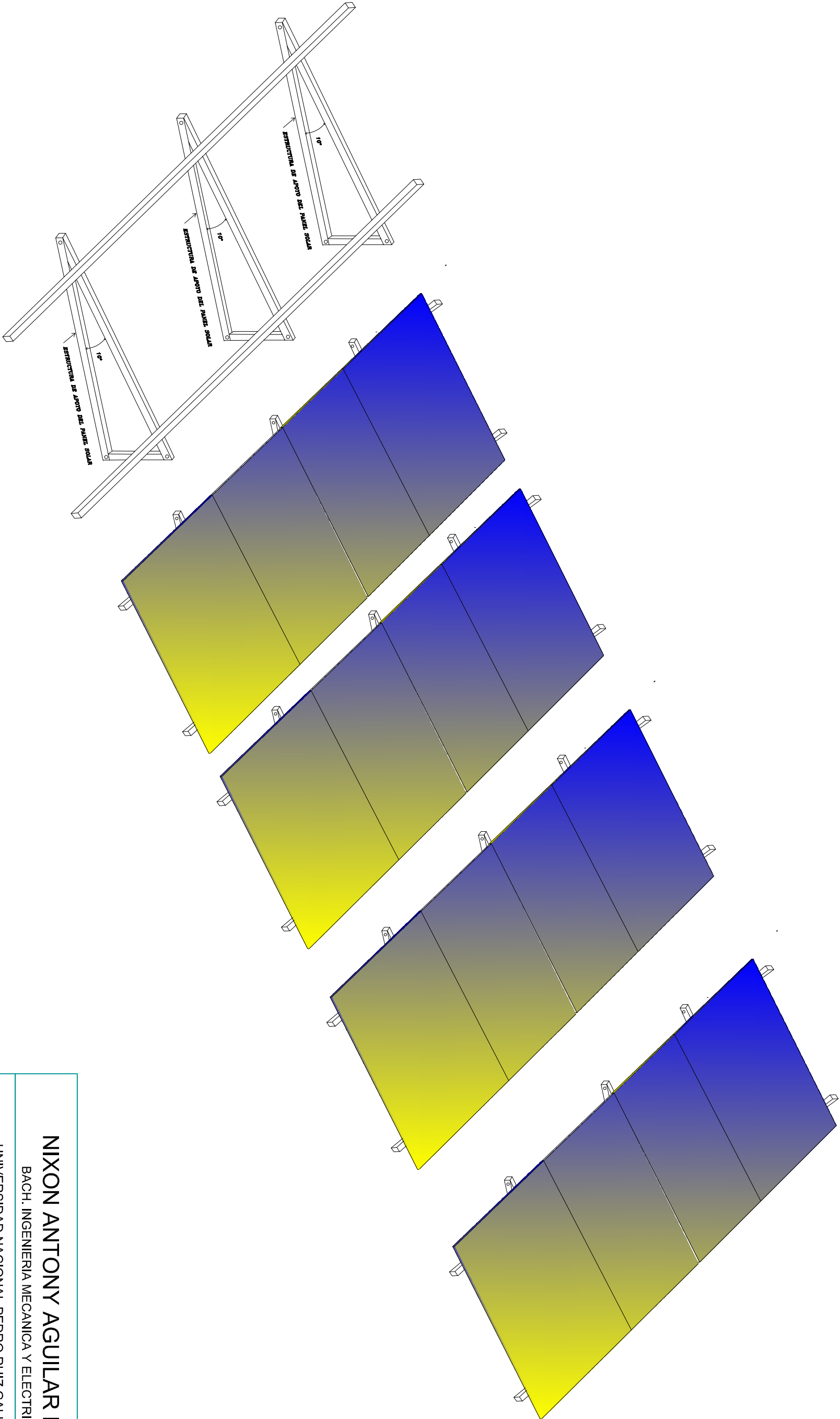
NIXON ANTONY AGUILAR PANTA			
BACH. INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA			
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO-FIME			
PROYECTO DE TESIS :		UBICACION :	
DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ELECTRIFICAR EL CASERIO CUNISH GRANDE UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN LUIS-SAN PABLO-CAJAMARCA		CASERIO : CUNISH GRANDE DISTRITO : SAN LUIS PROVINCIA : SAN PABLO DPTO. : CAJAMARCA	
PLANO :		ESCALA :	
DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICO		S/E : FECHA : FEBRERO 2018	
		CAD: NAAP	
		INº DE PLANO : DUSF-01	



Leyenda de conductores	
	1x16+16/25 mm2
	1x16/25 mm2

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCION
	Poste de c.a.c. de 9m/200 daN
	Poste de c.a.c. de 9m/300 daN
	Puesta a tierra
	Retenida tipo simple
	Retenida tipo contrapunta
	Pastoral de AFG con luminaria Na 50W
	Red Secundaria y A.Público
	E1/S Armado de alineamiento; incluye caja de derivación
	E2/S Armado de cambio de sección; Incluye caja de derivación
	E3/S Armado de fin de circuito; Incluye caja de derivación
	E4/S Armado de fin de drc.con vano flojo; incluye caja de derivación
	E5/S Armado de alineamiento con derivación; Incluye caja de derivación
	E6/S Armado de andaje con derivación; incluye caja de derivación
	VF Vano flojo (templado 7% libre de rotura del conductor)
	Conexión domiciliar corta
	Conexión domiciliar larga

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO			
EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL:			
DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICA PARA ELECTRIFICAR EL CASERIO CUÑISH GRANDE-SAN LUIS-CAJAMARCA			
PLANO:			
REDES DISTRIBUCION SECUNDARIAS 440/220V y ALUMBRADO PUBLICO			
UBICACION	PROYECTISTA: NIXON ANTONY AGUILAR PANTA	APROBADO:	LAMINA:
CASERIOS : CUÑISH GRANDE	CAD:	FECHA:	RDSAP -02
DISTRITO : SAN LUIS	NAAP	FEBRERO 2018	
PROVINCIA : SAN PABLO	REVISADO:	ESCALA:	
DPTO. : CAJAMARCA		1/1000	



NIXON ANTONY AGUILAR PANTA

BACH. INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO-FIME

PROYECTO DE TESIS :		UBICACION :	
DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ELECTRICIDAD EL CASERIO CUNISH GRANDE UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN LUIS SAN PABLO CAJAMARCA		CASERIO CUNISH GRANDE DISTRITO CUNISH GRANDE PROVINCIA SAN LUIS DPTO. CAJAMARCA	
PLANO :		ESCALA :	PROYECTISTA :
PLANO DE MONTAJE DE PANELES SOLARES		S/E	NAAP
FECHA :		CAD:	Nº DE PLANO :
FEBRERO 2018		NAAP	

MPS-03