



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO MECANICO
ELECTRICISTA**

**“Generación de energía eléctrica con energías
no convencionales para el parque temático
Manuel Antonio Mesones Muro”**

Piscoya Quevedo, Carlo Francisco Jesús.

ASESOR: Dr. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús.

Lambayeque – Perú

Diciembre del 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

III Programa de Elaboración de Tesis

TESIS

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Generación de energía eléctrica con
energías no convencionales para el parque
temático Manuel Antonio Mesones Muro”**

Autor:

Piscoya Quevedo, Carlo Francisco Jesús

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: Msc. Chambergo Larrea, Carlos Augusto

SECRETARIO: Msc. Aguinaga Paz, Amado

MIEMBRO: Ing. Tapia Asenjo, Robinson

ASESOR: Dr. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús

Lambayeque – Perú

Diciembre del 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

III Programa de Elaboración de Tesis

TESIS

TITULO

**“Generación de energía eléctrica con energías no
convencionales para el parque temático Manuel Antonio
Mesones Muro”**

CONTENIDOS:

CAPITULO I: GENERALIDADES.

CAPITULO II: ASPECTOS DE LA INFORMACION.

CAPITULO III: PROPUESTA DE INVESTIGACION.

CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO V: ASPECTO ADMINISTRATIVO.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

CAPÍTULO VII: ANEXOS.

Autor: Piscoya Quevedo, Carlo Francisco Jesús

Msc. Carlos Augusto Chambergo Larrea

PRESIDENTE

Msc. Amado Aguinaga Paz

SECRETARIO

Ing. Robinson Tapia Asenjo

MIEMBRO

Dr. Aníbal Jesús Salazar Mendoza

ASESOR

Lambayeque – Perú

Diciembre del 2019

AGRADECIMIENTO

En las Circunstancia Conspicuas y por voluntad Divina que ha permitido en estos años de sacrificio, el poder adquirir conocimientos para mi formación profesional; hago un acápite para hincarme con mucha fe y amor ante nuestro Divino Creado, agradecer a mis padres quienes con su perseverante aliento hicieron posible culminar con éxito mi meta.

Agradezco a mis maestros que con sus amplio conocimientos y vasta experiencia me formaron profesionalmente, imbuido de servir a mi patria.

A mis hermanos mi profundo agradecimiento por que sin su apoyo y cariño incondicional no hubiera tenido la fortaleza que en algunas circunstancias parecen flaquear.

Y a mis familiares que también estuvieron ahí para darme sus consejos para conseguir esta meta.

INTRODUCCIÓN.

Las características climáticas del Distrito de Manuel Antonio Mesones Muro son zonas potenciales para el aprovechamiento de sus recursos ambientales. Manuel Antonio Mesones Muro es un territorio peruano, y es un distrito que forma parte de la provincia de Ferreñafe. Se encuentra ubicada a 5 km al sur del distrito de Ferreñafe. Es la entrada a una zona turística de esta provincia en lo que es su gastronomía y su cultura. Su clima y ecosistema es caluroso y en algunos lugares tiene viento, es por ello que la utilización de un sistema híbrido eólico solar para cubrir la demanda del Parque principal Manuel Antonio Mesones Muro para obtener una reducción del pago mensual para sus pobladores en el recibo mensual de luz. Es importante tener en cuenta que el distrito de Manuel Antonio Mesones Muro forma parte del desarrollo sustentable del país, por lo que se puede experimentar un crecimiento laboral-económico, lo que justifica aún más el suplir la necesidad energética en esa zona para el desarrollo de más proyectos, o bien para potenciar su fuerza turística.

La utilización de un sistema que sea de energía no convencionales, alternativas o Renovables también llamado, es apropiado para este tipo de zonas por el ecosistema con el que cuentan ya que se puede minimizar el impacto ambiental. En la elaboración de este proyecto se busca obtener como resultado una propuesta técnico-económica ante la problemática del consumo energético del Parque Manuel Antonio Mesones Muro, a través de fuentes de energía no convencionales, teniendo en cuenta una estimación de costos que permita definir

que el planteamiento es conveniente, orientado para cubrir la demanda energética y reducir el pago mensual para su funcionamiento.

RESUMEN:

Este trabajo se realizó con la finalidad de determinar un estudio para el uso de sistemas no convencionales, como en el caso de un sistema híbrido eólico-solar a instalarse en el parque principal Manuel Antonio Mesones Muro. Para determinar la necesidad energética del parque principal Manuel Antonio Mesones Muro se hizo una visita al lugar al cual se le pudo hacer un diagnóstico, el cual se determinó el pago que realiza la población para el funcionamiento de este y su consumo de energía. De igual forma se obtuvo una estimación de los recursos renovables que contiene la zona, y en cuanto a posibles espacios para instalar el sistema. Se obtuvo la data meteorológica de las estaciones más cercanas del SENAMHI al parque principal Manuel Antonio Mesones Muro, en el distrito de Manuel Antonio Mesones Muro - Ferreñafe - Lambayeque. Mediante cálculos realizados se pudo determinar el comportamiento de los recursos en Manuel Antonio Mesones Muro. Después se optimizó la estructura del sistema de generación para la captación de mayor eficiencia las energías no convencionales (eólico-solar) para instalarse en el sitio de mayor provecho de estos. Se realizó un análisis económico, lo que permitió seleccionar el sistema eólico-solar. Finalmente se dio la propuesta de la instalación híbrido eólico-solar para el parque principal Manuel Antonio Mesones Muro.

Contenido

I. GENERALIDADES.....	13
1. TÍTULO.....	13
2. PERSONAL INVESTIGADOR.....	13
3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	13
4. AREA DE INVESTIGACIÓN.....	13
5. LINEA DE INVESTIGACIÓN.....	13
6. LOCALIDAD E INSTITUCIÓN DE EJECUCIÓN.....	13
7. DURACIÓN DEL PROYECTO.....	15
8. FECHA DE INICIO.....	15
9. FECHA DE TÉRMINO.....	15
II. ASPECTOS DE LA INFORMACIÓN.....	16
1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	16
1.1. Planteamiento del Problema.....	16
1.2. Formulación del Problema.....	16
1.3. Justificación e importancia del estudio.....	16
1.4. Objetivos.....	17
2. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes del Problema.....	18
2.2. Base Teórica.....	20
b.2) Tipos de radiación.....	30
b.3) Horas de sol pico (H.S.P.).....	31
2.3. Variables.....	62
2.4. Hipótesis.....	62
2.5. Definición de Términos.....	62

3. MARCO METODOLOGICO	69
3.1. Diseño de Contrastación de la Hipótesis.....	69
3.1.1.1. Tipo y diseño de Investigación.....	69
3.2. Población y Muestra.....	70
3.3. Hipótesis	70
3.4. Operacionalización de las variables	71
3.5. Materiales, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	71
3.5.1. Materiales:.....	71
3.5.1.1. Recursos Disponibles:	71
3.5.2. Métodos y Técnicas de investigación	72
3.5.2.1. Descripción de los instrumentos utilizados	72
3.5.2.2. Análisis Estadísticos e interpretación de los datos	74
3.6. Análisis de los Datos	75
III. PROPUESTA DE INVESTIGACION	78
3.1. PROPURSTA DE LA INVESTIGACION.....	78
3.1.1. Equipamiento de la instalación fotovoltaica y eólica.....	78
3.1.2. Ubicación de la instalación fotovoltaica y eólica.....	78
3.1.3. Sistema de distribución en 380 V	79
IV. ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS	80
4.1 Cálculo de energía eléctrica	80
4.1.1. Consumo de energía necesaria al día (Wh/día).....	80
4.1.2. Evaluación de la Radiación Solar.....	80
4.2. Software Solarius Plus	83
4.3. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	83
4.3.1. Parámetros de diseño	83

4.3.2. Consumo de Energía eléctrica diaria	84
4.3.3. Determinación del promedio de la Radiación Diaria Mensual disponible	85
4.4. Elección de tipo y número de módulos fotovoltaicos	85
4.4.1. Características del módulo fotovoltaico.....	85
4.4.2. Cálculo del número mínimo de módulos necesarios	86
4.4.3. Cálculos del número de módulos conectados en serie	87
4.4.4. Cálculo del número de ramas conectadas en paralelo	87
4.4.5. Cálculo del número total de módulos	88
4.4.6. Parámetros eléctricos totales del campo fotovoltaico	88
4.4.7. Angulo óptimo de inclinación.....	88
4.5. Dimensionamiento del Regulador Necesario.....	89
4.5.1. Cálculo de la corriente máxima que debe soportar el regulador	89
4.5.2. Cálculo del voltaje máximo que debe soportar el regulador.....	90
4.5.3. Características del Regulador seleccionado	90
4.5.4. Cálculo del número de reguladores	91
4.5.5. Cálculo del número de ramas de módulos que deben conectarse a cada regulador	92
4.5.6. Comprobación.....	92
4.6. Cálculo de la Potencia del inversor	93
4.6.1. Cálculo de la potencia de entrada del inversor	94
4.6.2. Cálculo del número de Inversores.....	94
4.7. Dimensionamiento del banco de baterías	94
4.7.1. Características de las baterías seleccionadas	94
4.7.2. Cálculo de la capacidad mínima del banco de baterías	95

4.7.3. Comprobación de la capacidad mínima necesaria del banco de baterías	96
4.7.4. Cálculo del número de baterías que deben conectarse en serie	96
4.7.5. Cálculo del número de baterías que deben conectarse en paralelo ...	97
4.7.6. Cálculo del número total de baterías.....	97
4.8. Cálculo de la selección de los conductores de la instalación	97
4.8.1. Cálculo de la corriente máxima para el tramo campo fotovoltaico – regulador	97
4.8.2. Cálculo de la corriente que debe soportar el tramo regulador – batería	98
4.8.3. Cálculo de la corriente que debe soportar el tramo regulador – inversor	98
1.1.1. Sección mínima del conductor para el tramo paneles – regulador...	99
1.1.2. Cálculo de la sección mínima del conductor para el tramo regulador- batería	100
1.1.3. Cálculo de la sección mínima del conductor para el tramo regulador– inversor.....	100
1.1.4. Elementos de protección	101
1.2. Diseño del sistema de distribución eléctrica en 380 V	104
1.2.1. Cálculos eléctricos.....	105
1.3. Metrado y presupuesto.....	107
1.3.1. Metrado y presupuesto del sistema fotovoltaico.....	107
5. Conclusiones.....	109
V. ASPECTO ADMINISTRATIVO	110
1. Cronograma de Actividades	110

2. Presupuesto	111
3. Financiamiento	111
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	113
VII. ANEXO	114

Figuras:

Figura 1: Mapa Político del Perú	14
Figura 2: Mapa del departamento de Lambayeque	14
Figura 3: Mapa del distrito de Ferreñafe	15
Figura 4: Calentamiento de Agua.....	21
Figura 5: Generación de Electricidad mediante paneles Solares.....	22
Figura 6: Generación de Electricidad mediante mini hidráulica.....	22
Figura 7: Molinos para Generación de Electricidad.....	23
Figura 8: Obtención de Energía Geotérmica.....	23
Figura 9: La Biomasa, procede de maderas, residuos agrícolas, estiércol, etc.	24
Figura 10: La Fuerza de las mareas producen el movimiento de giro.....	25
Figura 11: SISTEMA FOTOVOLTAICO	26
Figura 12: FUNCIONAMIENTO DEL PANEL SOLAR.....	27
Figura 13: Esquema de un sistema fotovoltaico.....	28
Figura 14: CELULA SOLAR	29
Figura 15: Tipos de radiación.....	31
Figura 16: Gráfico de H.S.P.	32
Figura 17: PANEL SOLAR	33
Figura 18: CONEXION DEL REGULADOR	34
Figura 19: ACUMULADOR DE ENERGÍA.....	35

Figura 20:Curva típica de eficiencia del inversor	36
Figura 21:INVERSORES.....	36
Figura 22:SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO	39
Figura 23:SISTEMA FOTOVOLTAICO A RED.....	40
Figura 24: SISTEMA EOLICO	41
Figura 25: FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA EOLICO.....	42
Figura 26: LA GONDOLA	43
Figura 27: PALAS DEL ROTOR.....	43
Figura 28: BUJE	44
Figura 29: EJE DE BAJA VELOCIDAD	44
Figura 30: MULTIPLICADOR	45
Figura 31: EJE DE ALTA VELOCIDAD	46
Figura 32: AEROGENERADOR	46
Figura 33: CONTROLADOR ELECTRONICO.....	47
Figura 34: LA TORRE	48
Figura 35: ANEMOMETRO Y VELETA	49
Figura 36: MOLINO DE VIENTO.....	51
Figura 37: AEROGENERADOR DE EJE VERTICAL	54
Figura 38: AEROGENERADOR DE EJE VERTICAL	55
Figura 39:Radiación solar en el departamento de Lambayeque	81
Figura 40: Panel solar modelo TP672P	85
Figura 41: Regulador modelo JNDX200A	91
Figura 42: Inversor TRIO-TM-50.0-480	93
Figura 43: Distancia mínima entre filas de módulos instalados en el mismo plano	104

Figura 44: Página de POWER Data Access Viewer.....	115
Figura 45: Promedios de la Radiación Solar de hace 30 años.....	116
Figura 46: Promedio de la velocidad del viento en 30 años	117

Tablas:

Tabla 1: Equipamiento del sistema fotovoltaico	78
Tabla 2: Radiación solar en el Parque Principal de Manuel A. Mesones Muro según NASA.....	82
Tabla 3: Radiación solar y días de autonomía	84
Tabla 4: Datos del Panel Policristalino TP672P Pm(W)330, de 330 Wp	86
Tabla 5: Parámetros eléctricos totales del sistema de captación	88
Tabla 6: Características eléctricas del Regulador seleccionado	91
Tabla 7: Características del Inversor TRIO-TM-50.0-480.....	94
Tabla 8: Características técnicas de la batería ROLLS 12 CS 11 PS	95
Tabla 9: Caída de tensión por cada tramo de la instalación fotovoltaica.....	99
Tabla 10: Características de los conductores NYY DUPLEX - INDECO	100
Tabla 11: Sección de los conductores eléctricos para cada tramo.....	100
<i>Tabla 12: Característica de los Fusibles</i>	<i>101</i>
Tabla 13: Características del conductor NYY TRIPLE - INDECO	106
Tabla 15: Costo referencial de la instalación fotovoltaica.....	107
Tabla 16: Costo referencial para el suministro de materiales para el Sistema Fovoltaica	108
Tabla 17: Cuadro de cargas Parque Manuel A. Mesones Muro.....	114

I. GENERALIDADES

1. TÍTULO

El proyecto lleva de título: **“Generación de energía eléctrica con energías no convencionales para el parque temático Manuel Antonio Mesones Muro”**.

2. PERSONAL INVESTIGADOR

La persona que de llevaría a cabo este trabajo de investigación es el autor de este informe de investigación: **CARLO FRANCISCO JESÚS PISCOYA QUEVEDO**, bajo la asesoría del Dr. Msc. Ing. **ANÍBAL SALAZAR MENDOZA**, Docente FIME.

3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al fin que se persigue la presente investigación es de tipo de fin Investigación Tecnológica, se usará un Diseño de Investigación descriptiva Adaptativa.

4. AREA DE INVESTIGACIÓN

Ingeniería Eléctrica.

5. LINEA DE INVESTIGACIÓN

Energías Renovables no Convencionales.

6. LOCALIDAD E INSTITUCIÓN DE EJECUCIÓN

El siguiente trabajo de investigación se desarrollará en el **PARQUE PRINCIPAL MANUEL ANTONIO MESONES MURO**, DISTRITO DE

MESONES MURO, PROVINCIA DE FERREÑAFE,
DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE.



Figura 1: Mapa Político del Perú



Figura 2: Mapa del departamento de Lambayeque



Figura 3: Mapa del distrito de Ferreñafe

7. DURACIÓN DEL PROYECTO

El trabajo tiene una duración de 04 meses.

8. FECHA DE INICIO

18 de Mayo del 2019.

9. FECHA DE TÉRMINO

18 de Noviembre del 2019.

II. ASPECTOS DE LA INFORMACIÓN

1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.1. Planteamiento del Problema

En los distintos lugares del país, existen construcciones las cuales su mantenimiento y consumo de energía eléctrica, son excesivos y los moradores de esas localidades no logran cubrir los gastos de funcionamiento y mantenimiento de esos sectores.

1.2. Formulación del Problema

¿Las energías no convencionales darán la solución para la reducción de costos de consumo de energía en el Parque Principal Manuel Antonio Mesones Muro?

1.3. Justificación e importancia del estudio

El desarrollo de las energías no convencionales en el campo de la construcción de parques, centros culturales y centros de esparcimientos que cuenten con efectos de luces, juegos de aguas y entre otros, que su consumo de energía y mantenimiento son muy elevados, y además son siendo estos para desarrollo económico, social y cultural de ciertas zonas o localidades del país; es por ello que el desarrollo de estos sistemas es para brindarles la facilidad a los moradores de esa zona puedan mantener sus centros turísticos para su crecimiento económico.

1.4. Objetivos

1.4.1. OBJETIVOS GENERALES

El objetivo de la tesis es la elaboración de un plan de mantenimiento, con el dimensionamiento de un sistema de energías no convencionales para suministrar energía eléctrica al Parque Temático Manuel Antonio Mesones Muro.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Calcular el consumo energético del Parque Temático Manuel Antonio Mesones Muro.
- b) Determinar el uso de los sistemas de energía no convencionales son apropiados para la zona del proyecto de investigación.
- c) Realizar los cálculos justificativos para determinar las especificaciones técnicas de los equipos que abastezcan el consumo energético del Parque Temático Manuel Antonio Mesones Muro.
- d) La Selección de los equipos adecuados para su correcto funcionamiento y para que el proyecto sea viable económicamente.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

Contexto internacional

Según **Ana María Cerdán Cabrera** en su Tesis **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR-EÓLICO PARA CONSUMO DE AGUA EN CABAÑAS ECOTURÍSTICAS EN LA PITAYA, VERACRUZ, MÉXICO”**, este trabajo está centrado en “El problema del suministro de servicios en zonas alejadas y/o de difícil acceso es común en muchos países, aún en los más desarrollados. Proyectos como el que se expuso en este trabajo de investigación, ayudan a solucionar problemas energéticos y de agua potable que afectan radicalmente el desarrollo de las comunidades, esto sin perder de vista la conservación del medio ambiente. Por estos motivos, el fomento al uso de este tipo de tecnologías se ha vuelto tan importante en la actualidad y es que el uso racional y eficiente de la energía pueden determinar el futuro del planeta.”¹

Contexto Nacional

EL Ing. **Juan Avilio Chercca Ramirez** en su proyecto de tesis **“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”**, dice “Mediante el aprovechamiento del recurso eólico y

¹ Ana María Cerdán Cabrera. “DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR+EÓLICO PARA CONSUMO DE AGUA EN CABAÑAS ECOTURÍSTICAS EN LA PITAYA, VERACRUZ, MEXICO” en Andalucía, 2011.

solar con la implementación de Sistema Híbridos eólicos-fotovoltaicos para la Caleta “La Gramita de Casma” se logra una solución técnica y económicamente viable. Es un proyecto de inversión social porque genera beneficios a toda la comunidad y mejora de la calidad de vida, sin embargo desde el punto de análisis como proyecto privado es necesario efectuar un subsidio no retornable que equivale al 80% de la inversión para que el proyecto sea rentable, estimando un tiempo de recupero de la inversión de 20 años a una tasa interna de retorno del 16,80%.”²

Contexto Local

Kleber Jesús Santa Cruz Santa Cruz en su tesis “**DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CENTRO POBLADO NUEVA ESPERANZA UBICADO EN EL DISTRITO DE CATACHESANTA CRUZ - CAJAMARCA**”, nos dice “El objetivo general de la tesis fue el dimensionar un sistema híbrido eólico fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al centro poblado Nueva Esperanza ubicado en el distrito de Catache perteneciente a la provincia de Santa Cruz en el departamento de Cajamarca. Debido a que la población no cuenta con el servicio de energía eléctrica siendo complicada su implementación a través de la alimentación de las redes eléctricas del servicio público, ya que las redes de media tensión de 10 kV más cercana se encuentran a 20 km de distancia.

² ING. Juan Avilio Chercca Ramírez, “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”, en Lima-Perú, 2014.

Obteniéndose que: La energía promedio diaria que demanda el centro poblado Nueva es de 12,840 KWh/día. Para 33 viviendas proyectadas, 01 iglesia, 01 local comunal, 01 centro educativo de educación inicial. Los datos de radiación solar promedio mensual donde según la NASA, del SENAMHI (Atlas 2003) y del software SOLARIUS PLUS de los cuales se ha obtenido un valor de 6,15 kWh/m²/día. De estos tres valores se ha considerado el menor es decir 4,47kWh/m²/día para el dimensionamiento del sistema híbrido. En cuanto a los datos de la velocidad y dirección del viento estos se han obtenido de la estación meteorológica más cercana y en funcionamiento automática: EMA GORE-CHOTA. El sistema híbrido eólico fotovoltaico estará compuesto por 01 aerogenerador ENAIR 70 PRO, 18 paneles fotovoltaicos de 190 Wp, 08 baterías de acumuladores 503 Ah, 01 reguladores de carga y 01 inversor 48 / 5 000-230 V. El sistema híbrido eólico fotovoltaico tiene un costo referencial de S/. 250 748,74".³

2.2. Base Teórica

2.2.1. Energías no convencionales⁴

Se refiere a aquellas formas de producir energía que no son muy comunes en el mundo y cuyo uso es limitado debido todavía a los costos para su producción y su difícil

³ Bach. Kleber Jesús Santa Cruz Santa Cruz, "DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CENTRO POBLADO NUEVA ESPERANZA UBICADO EN EL DISTRITO DE CATACHESANTA CRUZ - CAJAMARCA", en Lambayeque-Perú, 2018.

⁴ <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/escolar/energia-convencional-y-no-convencional-234637.html>

forma para captarlas y transformarlas en energía eléctrica. También se les conoce como "energías limpias", ya que por lo general no combustionan, no contaminan (aunque todas tienen algún impacto en el medio ambiente) y no dejan desechos (excepto la madera). Dentro de las que más se están utilizando, están la energía Hidráulica, la energía solar, la energía geotérmica, la energía eólica y la energía de la biomasa.

Son las Siguietes:⁵

2.2.1.1. Energía Solar

Esta energía es del directo aprovechamiento del calor del sol. De la que se puede obtener:

Calentamiento de agua hasta 60°C y Electricidad.



Figura 4: Calentamiento de Agua

⁵ Richard Alex, Velásquez Cárcamo – “ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO DE GENERADOR EOLICO PARA EL SECTOR COSTERO DE LA XIV REGION, EN CORRAL”, VALDIVIA, CHILE; 2010.



Figura 5: Generación de Electricidad mediante paneles Solares

2.2.1.2. Energía Hidráulica

Se genera haciendo pasar una corriente de agua a través de una turbina.

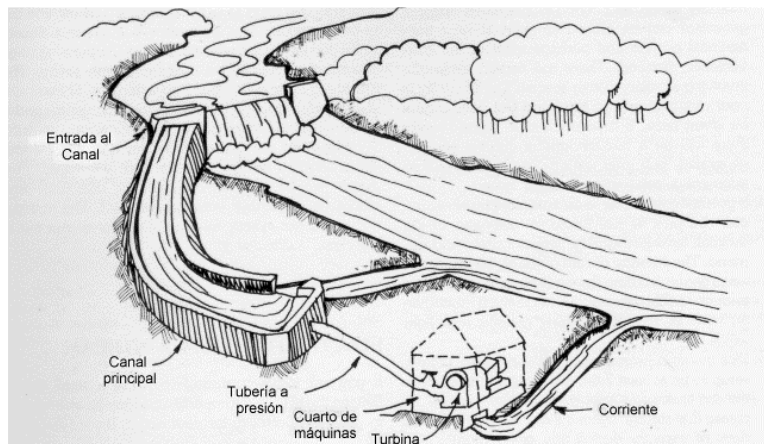


Figura 6: Generación de Electricidad mediante mini hidráulica

2.2.1.3. Energía Eólica

Un aerogenerador obtiene su energía, convirtiendo la fuerza del viento en movimiento de giro.



Figura 7: Molinos para Generación de Electricidad

2.2.1.4. Energía Geotérmica

La Geotermia aprovecha el calor interno de la tierra y el agua que proviene del subsuelo. Se puede obtener calentamiento de agua y electricidad.

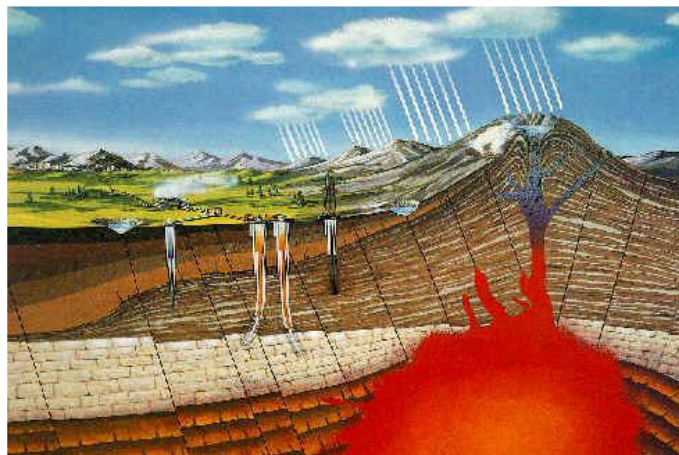


Figura 8: Obtención de Energía Geotérmica

2.2.1.5. La Biomasa

Es un término genérico referido a cualquier producto biológico que puede convertirse en energía útil. Se puede obtener combustible energético directa o indirectamente de los recursos biológicos.



Figura 9: La Biomasa, procede de maderas, residuos agrícolas, estiércol, etc.

2.2.1.6. Energía Mareomotriz

Se genera por medio del movimiento de las mareas. La fuerza de este elemento que cubre la mayor parte del planeta es un potencial de fuente de energía, que en la actualidad se ha convertido en una de las alternativas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, que amenazan con la vida del planeta.



Figura 10: La Fuerza de las mareas producen el movimiento de giro

2.2.2. Energía Fotovoltaico⁶

La energía solar es el término con el que se denomina a la energía proveniente de la radiación del sol. Las celdas fotovoltaicas transforman directamente la radiación solar en electricidad, por medio de un fenómeno físico denominado efecto fotovoltaico.

⁶ (Cerdán Cabrera, 2011)

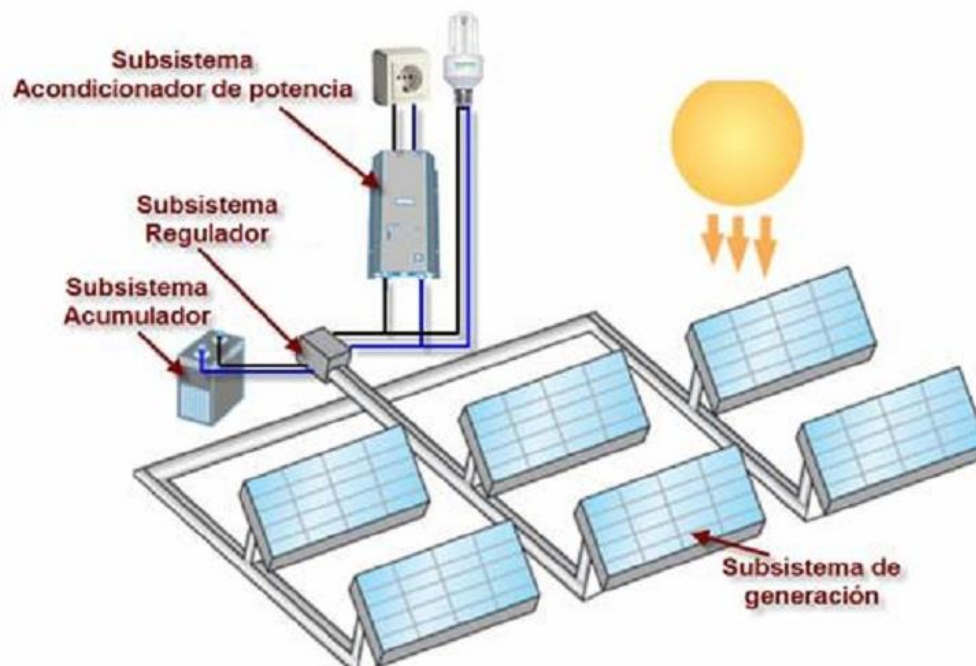


Figura 11: SISTEMA FOTOVOLTAICO⁷

A) Funcionamiento del Panel Solar

Para que se genere el efecto fotovoltaico en un dispositivo optoelectrónica se debe realizar un proceso de absorción de luz. Debido a este proceso, la energía de la luz es transferida a los electrones del material con el que está fabricado el dispositivo. Al ganar energía, los electrones rompen los enlaces que los mantenían ligados a sus átomos y pueden moverse "libremente" por el material, dejando huecos en sus lugares. Estos huecos se comportan como partículas con carga positiva. Mediante un campo eléctrico interno se obliga a los electrones a acumularse de un lado del dispositivo y a los huecos del otro lado. La acumulación de cargas en los lados opuestos del dispositivo da como resultado un voltaje

⁷ <http://como-funciona.co/el-sistema-fotovoltaico/>

eléctrico. Si se establece un circuito eléctrico externo que una a las dos superficies, los electrones acumulados fluirán a través de él regresando a su "posición energética inicial". Este flujo de electrones forma precisamente la corriente fotovoltaica.

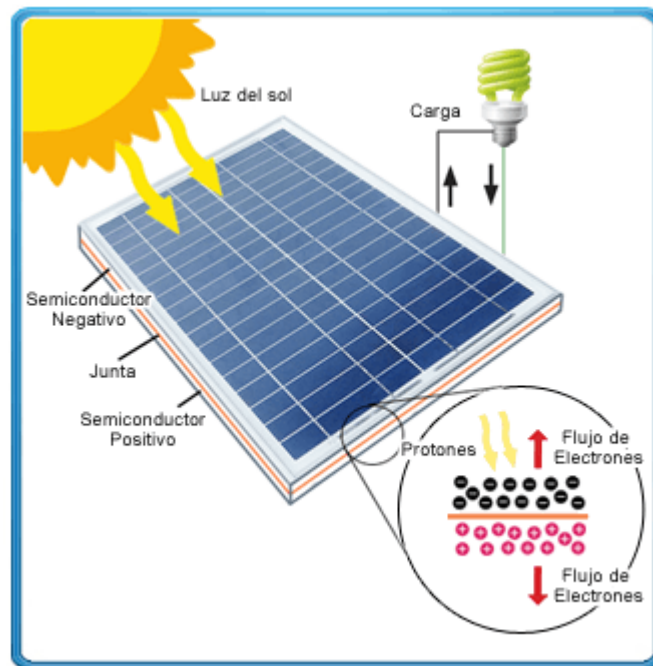


Figura 12: FUNCIONAMIENTO DEL PANEL SOLAR⁸

B) Partes de un Sistema Fotovoltaico⁹

Las partes son las siguientes:

⁸ <http://energiarenovables22.blogspot.com/2016/12/como-funciona-el-panel-solar.html>

⁹ <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

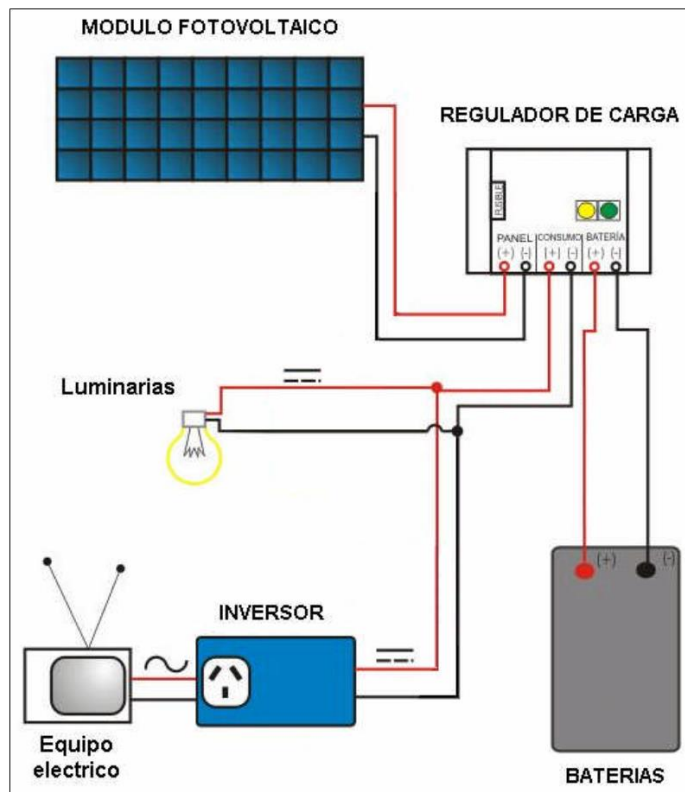


Figura 13: Esquema de un sistema fotovoltaico¹⁰

b.1) Célula Solar

El elemento Principal de cualquier instalación de energía solar es el generador, que recibe el nombre de célula solar. Se caracteriza por convertir directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz del sol. Su funcionamiento se basa en el efecto fotovoltaico.

¹⁰ Muñoz Anticona, Delfor Flavio. «Aplicacion de la energia solar para electrificacion rural en zonas marginales del pais.» Lima, 2005.

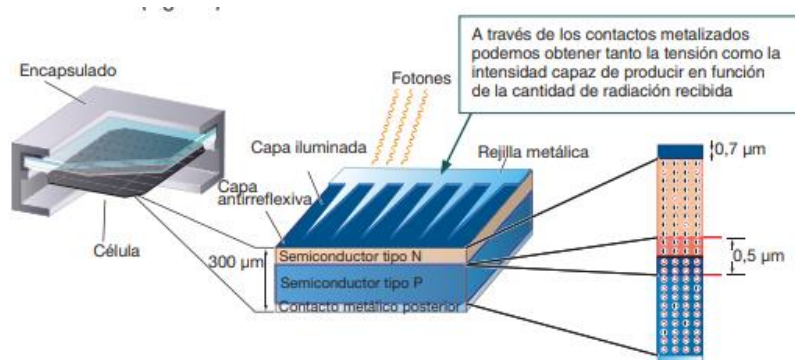


Figura 14: CELULA SOLAR¹¹

Atendiendo a la estructura cristalina interna

Podemos encontrar los siguientes tipos:

- **Monocristalino**

El rendimiento de este tipo de células suele variar entre el 15% y el 18%. Al ser difíciles de fabricar, su precio suele ser más elevado. La estructura atómica se encuentra muy ordenada y presenta un color azul metálico.

- **Multicristalino**

En este caso presentan un rendimiento que varía entre el 12% y el 15%. La estructura atómica no se presenta tan ordenada como ocurre con el monocristalino, lo cual le hace que no presenten tan buen rendimiento.

- **Policristalino**

Aunque también presenta una estructura que se basa también en pequeños cristales o granos en este caso el tamaño del grano es mucho menor que en los multicristalinos debido a los métodos de fabricación que se emplean.

¹¹ <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

b.2) Tipos de radiación

El sol es una poderosa fuente de energía. Según como Llegue la energía solar a la superficie de la tierra, podemos clasificarla radiación en Tres tipos diferentes:

Radiación Directa: Es aquella que llega directamente del Sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Este tipo de radiación se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan.

Radiación Difusa: Parte de la radiación que atraviesa la atmosfera es reflejada por las nubes o absorbida por estas. Esta radiación, que se denomina difusa, va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no solo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, arboles, edificios, el propio suelo, etc. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la bóveda celeste, mientras que las verticales reciben menos porque solo ven la mitad.

Radiación Reflejada: La radiación reflejada es, como su nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, llamado también albedo. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación

reflejada, porque no ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.

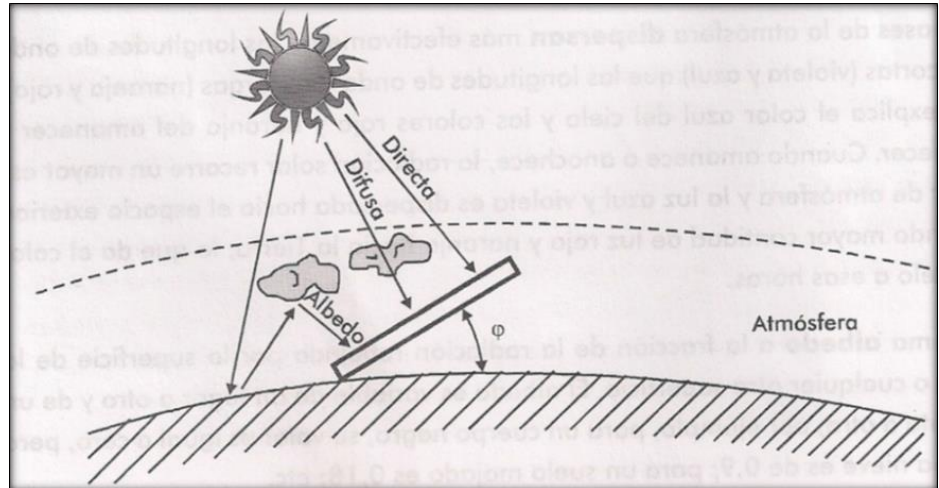


Figura 15: Tipos de radiación¹²

La radiación directa es la mayor y la más importante en el diseño de un sistema fotovoltaico. (ver figura 7).

b.3) Horas de sol pico (H.S.P.)

Las horas de sol pico son las horas se definen como el número de horas al día con una irradiancia hipotética de 1000 W/m^2 , que sumen la misma irradiación total que la real ese día.

Se puede notar que cuando la irradiancia se expresa en es numéricamente similar a las H.S.P. Este concepto es importante, ya que junto con un factor de pérdidas ayuda a estimar la potencia producida por los paneles fotovoltaicos. La distribución de la radiación a lo largo del

¹² Chona Suares, Raul Alexander, y Jhonnys Miguel Robles Cervantes. «Diseño experimental de un sistema tradicional de panel solar de pequeña escala ubicada en la ciudad de Barranquilla.» Barranquilla Atlantico, 2013.

día y el concepto de horas pico de sol se muestran en la siguiente figura 8. (Valdiviezo Salas 2014).

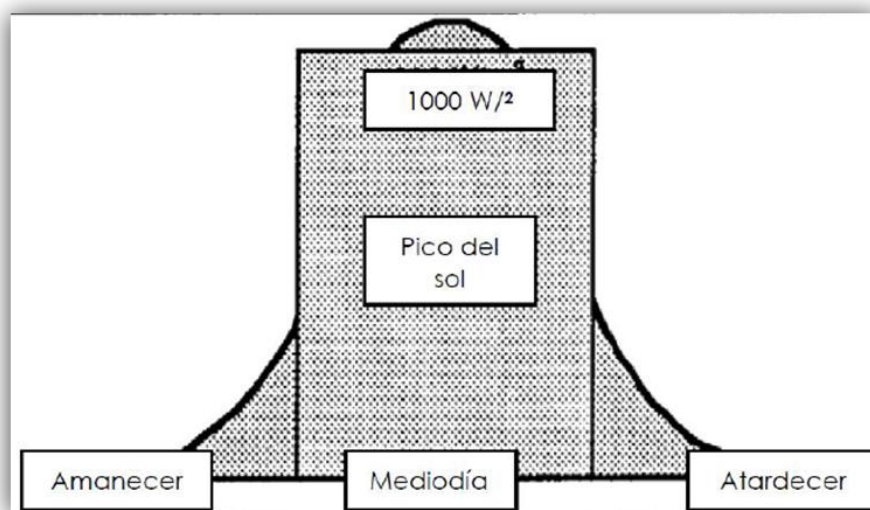


Figura 16: Gráfico de H.S.P.¹³

b.4) Panel Solar

Un panel solar o módulo fotovoltaico está formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas, y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Proporciona en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión (6V, 12V, 24V...), que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico.

¹³ Valdiviezo Salas, Paulo Daniel. «Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP.» Lima, 2014.

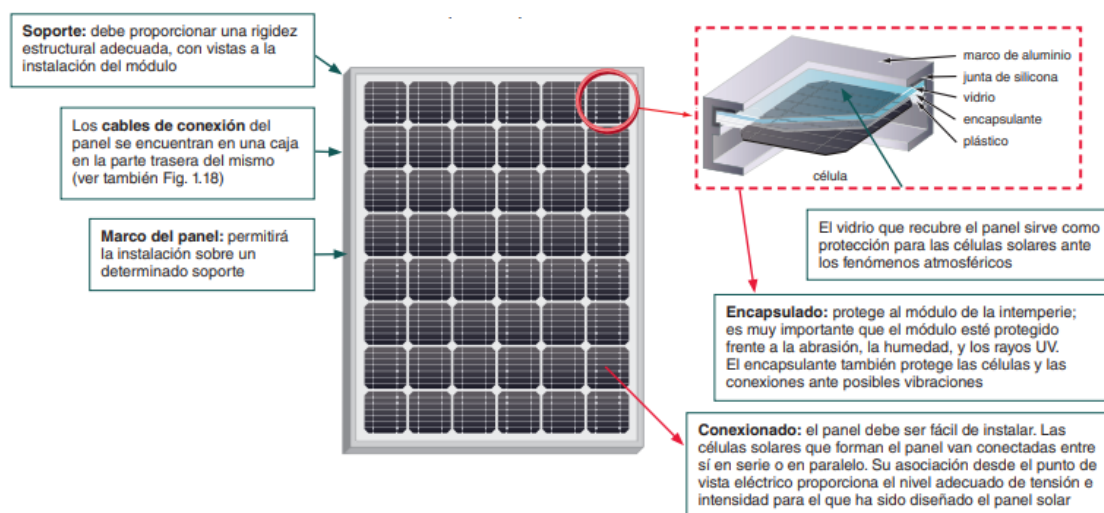


Figura 17: PANEL SOLAR¹⁴

b.5) Regulador

Para el correcto funcionamiento de la instalación, hay que instalar un sistema de regulación de carga en la unión entre los paneles solares y las baterías. Este elemento recibe el nombre de regulador y tiene como misión evitar situaciones de carga y sobredescarga de la batería, con el fin de alargar su vida útil.

El regulador trabaja por tanto en las dos zonas. En la parte relacionada con la carga, su misión es la de garantizar una carga suficiente al acumulador y evitar las situaciones de sobrecarga, y en la parte de descarga se ocupará de asegurar el suministro eléctrico diario suficiente y evitar la descarga excesiva de la batería.

¹⁴ Díaz Corcobado, Tomas. *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Mexico, 2008.



Figura 18: CONEXION DEL REGULADOR¹⁵

b.6) Acumulador

la llegada de la energía solar a los módulos fotovoltaicos no se produce de manera uniforme, sino que presenta variaciones por diferentes motivos. Algunas de estas variaciones son predecibles, como la duración de la noche o las estaciones del año, pero existen otras muchas causas que pueden producir alteraciones de manera aleatoria en la energía recibida, como puede ocurrir con un aumento de la nubosidad en un determinado instante. Este hecho hace necesario utilizar algún sistema de almacenamiento de energía para aquellos momentos en que la radiación recibida sobre el generador fotovoltaico no sea capaz de hacer que la instalación funcione en los valores diseñados. Para ello se utilizarán las baterías o acumuladores.

¹⁵ <https://www.areatecnologia.com/electricidad/regulador-de-carga-solar.html>



Figura 19: ACUMULADOR DE ENERGÍA¹⁶

b.7) Inversor

El inversor se encarga de convertir la corriente continua de la instalación en corriente alterna, igual a la utilizada en la red eléctrica: 220 V de valor eficaz y una frecuencia de 50 Hz.

Es un elemento imprescindible en las instalaciones conectadas a red, u estará presente en la mayoría de instalaciones autónomas, sobre todo en aquellos destinados a la electrificación de viviendas.

El inversor se debe proteger antes las siguientes circunstancias:

Tensión de entrada fuera del rango de operación.

Desconexión de las baterías.

Cortocircuito en la salida de corriente alterna.

¹⁶ Velazquez Céspedes, Roberto Andres. «Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Santiago de Chile.» tesis, Universidad de Santiago de Chile, Santiago-Chile, 2012.

Sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.

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

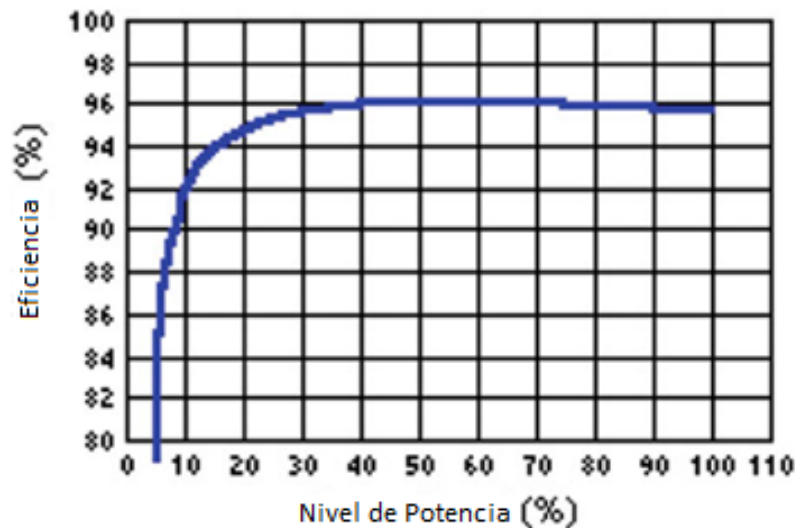


Figura 20: Curva típica de eficiencia del inversor¹⁷



Figura 21: INVERSORES¹⁸

C) TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS¹⁹

c.1) Instalaciones Autónomas

¹⁷ Valdiviezo Salas, Paulo Daniel. «Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP.» Lima, 2014.

¹⁸ <https://es.aliexpress.com/item/1320317466.html>

¹⁹ MASTER EN ENERGÍAS RENOVABLES Y MERCADO ENERGÉTICO/SISTEMAS FOTOVOLTAICOS – MIGUEL ALOSNSO ABELLA.

La energía eléctrica producida a partir de la conversión fotovoltaica se utiliza para cubrir una determinada demanda eléctrica en lugares remotos aislados de la red eléctrica, donde resultan competitivos con los sistemas convencionales, tanto en términos económicos como de fiabilidad de suministro.

Se puede realizar una clasificación de los sistemas FV autónomos en función de su aplicación como:

- **Sistemas de Electrificación:** Uno de los mercados con más demanda actual son el suministro de energía para viviendas (principalmente iluminación y electrodomésticos) aisladas de la red eléctrica tanto en países en vías de desarrollo como en países desarrollados. Casas aisladas (electrificación distribuida) o pueblos enteros (electrificación centralizada) pueden generar su propia electricidad, sin necesidad de un mantenimiento sofisticado o suministros regulares de combustible.
- **Sistemas Profesionales:** Las telecomunicaciones y aplicaciones profesionales son uno de los mercados históricos de la energía solar fotovoltaica. El equipo utilizado en la mayoría de estas aplicaciones opera en DC, haciendo el acople a la energía DC FV simple y económico. El bajo tiempo de fallos en estos sistemas resulta terriblemente caro, por tanto, la fiabilidad es

crítica. Por otro lado, la modularidad y flexibilidad de los sistemas FV hacen que se pueda utilizar para alimentar desde el más pequeño de los sistemas de telemetría hasta el mayor de los repetidores de microondas, situados a veces en lugares muy remotos e inaccesibles. También cabe mencionar las aplicaciones para radio comunicaciones en zonas rurales aisladas, como, por ejemplo: Repetidores de microondas, radio, TV o telefonía móvil; Estaciones de telemetría; Radioteléfonos.

- Sistemas de bombeo de agua: El bombeo de agua mediante la energía solar fotovoltaica proporciona una atractiva solución para suministro de agua para granjas, para irrigación o para suministro de agua potable. Estos sistemas no requieren baterías, no necesitan suministro de combustible, son de muy bajo mantenimiento y automáticamente producen más agua cuando más sol hay (que normalmente es cuando más agua se necesita).

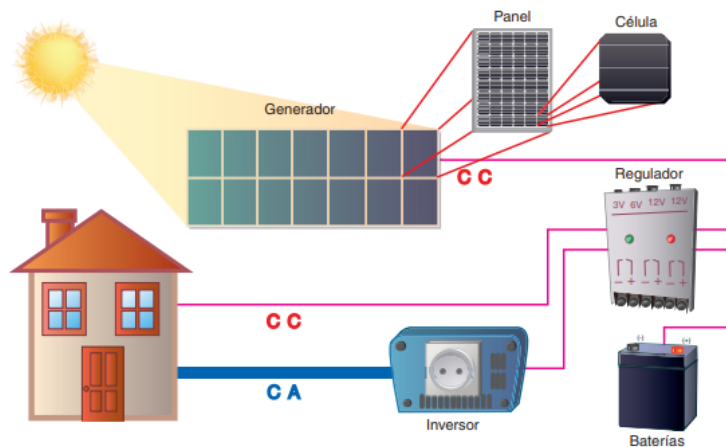


Figura 22: SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO²⁰

c.2) Instalaciones Conectadas a Red

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica tienen como objetivo principal maximizar anualmente la producción de la energía que es inyectada a la red.

Las principales aplicaciones de estos sistemas son para

- Tejedos en viviendas (integración en edificios), en los que la instalación esta físicamente situada en un edificio que habitualmente se encuentra en un entorno urbano.
- Planta de generación de energía (centrales fotovoltaicas), en las que la instalación FV funciona como una central convencional de generación de energía en el sentido de que inyecta toda la producción eléctrica a la red.

²⁰ <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

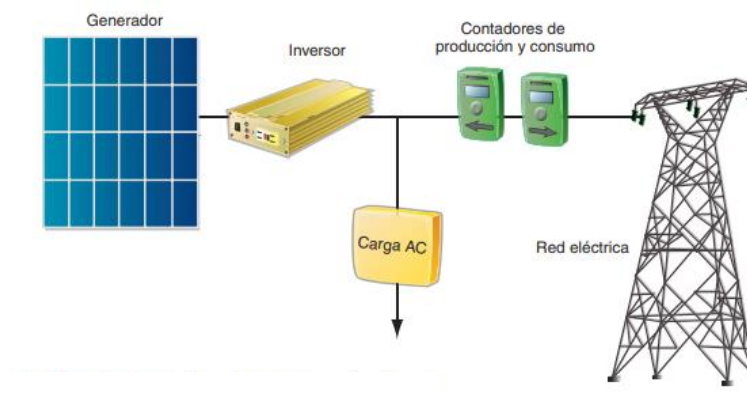


Figura 23: SISTEMA FOTOVOLTAICO A RED²¹

2.2.3. Energía Eólica²²

La energía eólica es aquella que se obtiene del viento, en otras palabras, es la energía cinética generada por el efecto del movimiento de masas de aire o corrientes de aire.

La energía eólica es un recurso renovable, limpio y abundante que ha ido ganando fuerzas en los últimos años debido a estas características. Posee algunas inconveniencias como la intermitencia del viento, lo que disminuye su confiabilidad e imposibilita la dependencia total de este tipo de energía.

La energía eólica se produce por el movimiento de masas de aire que se desplazan desde zonas con alta presión atmosférica hacia zonas adyacentes con baja presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión.

Con el fin de aprovechar eficientemente la energía eólica es importante conocer:

²¹ <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

²² (Guerra Baeza, 2013)

- Variaciones día/noche y estacionales del viento.
- Velocidad de viento v/s altura sobre el suelo.
- Velocidad mínima y máxima del viento.

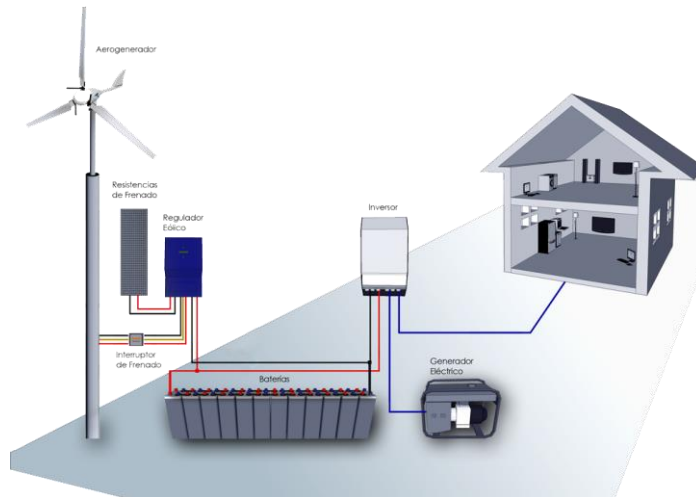


Figura 24: SISTEMA EOLICO

A) Funcionamiento de un Sistema Eólico

La energía del viento se aprovecha mediante el uso de máquinas eólicas (aeromotores) que transforman la energía eólica en energía cinética de rotación. Para que los aerogeneradores sean capaces de utilizar la energía del viento, es necesario que este supere una velocidad mínima llamada “cut-in speed” que depende del aerogenerador utilizado y generalmente fluctúa entre los 3 [m/s] y 4 [m/s]. La velocidad del viento además no debe superar los 25 [m/s], velocidad llamada “cut-out speed”

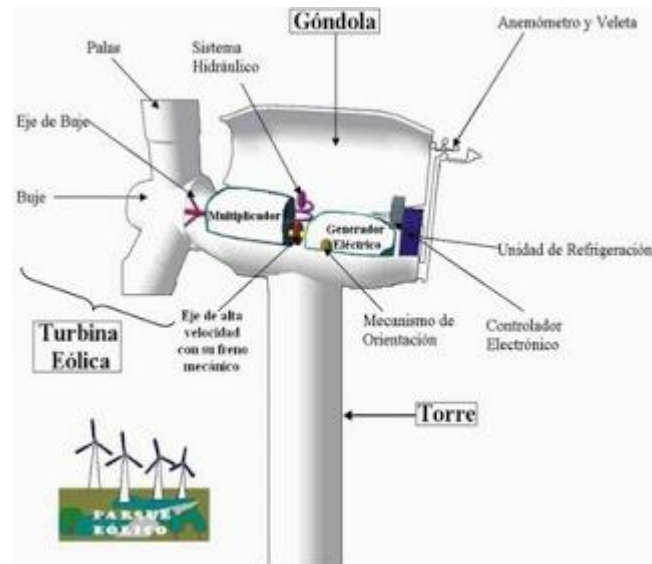


Figura 26: LA GONDOLA²⁵

b.2) Las palas del rotor

Capturan el viento y transmiten su potencia hacia el buje. En un aerogenerador moderno de 600 kW cada pala mide alrededor de 20 metros de longitud y su diseño es muy parecido al del ala de un avión.



Figura 27: PALAS DEL ROTOR²⁶

b.3) El buje

El buje del rotor está acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador.

²⁵ <http://solo-eolica.blogspot.com/2009/10/componentes-de-un-aerogenerador.html>

²⁶ https://www.taringa.net/+info/funcionamiento-de-un-aerogenerador-o-turbina-eolica_wzxjn



Figura 28: BUJE²⁷

b.4) El eje de baja velocidad

Conecta el buje del rotor al multiplicador. En un aerogenerador moderno de 600 kW el rotor gira muy lento, a unas 19 a 30 revoluciones por minuto (r.p.m.) El eje contiene conductos del sistema hidráulico para permitir el funcionamiento de los frenos aerodinámicos.



Figura 29: EJE DE BAJA VELOCIDAD

b.5) El multiplicador

²⁷ <https://www.evwind.com/2013/04/28/sakana-eolica-fabrica-piezas-para-los-aerogeneradores-de-siemens-por-jose-santamarta/>

Tiene a su izquierda el eje de baja velocidad. Permite que el eje de alta velocidad que está a su derecha gire 50 veces más rápido que el eje de baja velocidad.



Figura 30: MULTIPLICADOR²⁸

b.6) El eje de alta velocidad

Gira aproximadamente a 1.500 r.p.m. lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico. Está equipado con un freno de disco mecánico de emergencia. El freno mecánico se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico, o durante las labores de mantenimiento de la turbina.

²⁸ <http://opex-energy.com/eolica/multiplicadoras%20aerogeneradores.html>

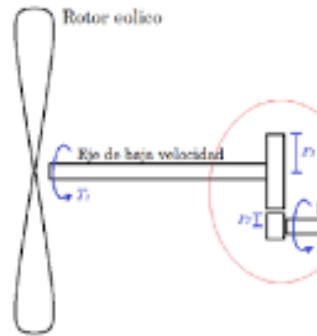


Figura 31: EJE DE ALTA VELOCIDAD

b.7) El generador eléctrico

Suele ser un generador asíncrono o de inducción. En los aerogeneradores modernos la potencia máxima suele estar entre 500 y 1.500 kW.



Figura 32: AEROGENERADOR²⁹

b.8) El controlador electrónico

Es un ordenador que continuamente monitoriza las condiciones del aerogenerador y que controla el mecanismo de orientación. En caso de cualquier

²⁹ https://es.made-in-china.com/co_xindaenergy/product_Customized-6000kw-1000rpm-Wind-Power-Electricity-Permanent-Magnet-Motor-Generator-for-Wind-Farm-Plant_rhigoesg.html

disfunción (por ejemplo, un sobrecalentamiento en el multiplicador o en el generador), automáticamente para el aerogenerador y llama al ordenador del operario encargado de la turbina a través de un enlace telefónico mediante modem.



Figura 33: CONTROLADOR ELECTRONICO³⁰

b.9) La unidad de refrigeración

Contiene un ventilador eléctrico utilizado para enfriar el generador eléctrico. Además, contiene una unidad refrigerante por aceite empleada para enfriar el aceite del multiplicador. Algunas turbinas tienen generadores refrigerados por agua.

b.10) La torre

³⁰ <https://www.mpptsolar.com/es/regulador-de-carga-eolico.html>

Soporta la góndola y el rotor. Generalmente es una ventaja disponer de una torre alta, dado que la velocidad del viento aumenta conforme nos alejamos del nivel del suelo. Una turbina moderna de 600 kW tendrá una torre de 40 a 60 metros (la altura de un edificio de 13 a 20 plantas).

Las torres pueden ser bien torres tubulares o torres de celosía. Las torres tubulares son más seguras para el personal de mantenimiento de las turbinas ya que pueden usar una escalera interior para acceder a la parte superior de la turbina. La principal ventaja de las torres de celosía es que son más baratas.



Figura 34: LA TORRE³¹

b.11) El mecanismo de orientación

Está activado por el controlador electrónico, que vigila la dirección del viento utilizando la veleta.

³¹ <http://drømstørre.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/wtrb/tower.htm>

b.12) El anemómetro y la veleta

Las señales electrónicas del anemómetro son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para conectarlo cuando el viento alcanza aproximadamente 5 m/S. El ordenador parará el aerogenerador automáticamente si la velocidad del viento excede de 25 m/s, con el fin de proteger a la turbina y sus alrededores. Las señales de la veleta son utilizadas por el controlador electrónico para girar el aerogenerador en contra del viento, utilizando el mecanismo de orientación.



Figura 35: ANEMOMETRO Y VELETA³²

C) Tipos de Sistemas Eólicos³³

Existen diferentes tipos de aerogeneradores dependiendo de la utilización de la energía mecánica obtenida.

³² <https://triplep97.wordpress.com/energia-eolica/aerogeneradores/partes-de-un-aerogenerador/anemometro-y-la-veleta/>

³³ <http://diarioecologia.com/energia-eolica-conoce-los-tipos-de-aerogeneradores-que-existen/>

c.1) Molinos:

En el caso de la extracción o bombeo de agua existe un tipo de máquina llamada molino. El movimiento del rotor de los molinos -expuestos al viento- mueven un sistema mecánico que extrae agua del subsuelo en zonas rurales. En nuestro país está muy extendido en uso de un tipo de molino llamado comúnmente molino americano multipala.

Su uso está muy presente en Argentina, Australia, Sudáfrica, Holanda y Dinamarca. Su condición de multipala lo hace adaptable a zonas de muy baja velocidad de viento, pudiendo comenzar a bombear agua con sólo una brisa.



Figura 36: MOLINO DE VIENTO³⁴

c.2) Aerogeneradores:

Estos equipos están especialmente diseñados para producir electricidad. Se fabrican máquinas comerciales de muy variados tamaños, desde muy bajas potencias 1 kW hasta 2 o 3 MW. y, en la actualidad, ya están superando la etapa experimental los modelos de hasta 6 MW. de potencia.

A diferencia de los molinos, estos equipos se caracterizan por tener pocas palas: de esta manera alcanzan a desarrollar una mayor eficiencia de transformación de la energía primaria contenida en el viento.

³⁴ <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Molinos-de-viento-que-desalinizan-agua-de-mar>

Un aerogenerador está conformado, básicamente, por dos elementos principales: por un lado, un rotor compuesto por un eje y la o las palas que es accionado por el viento y, por el otro, un generador que se mueve por arrastre del rotor.

Los rotores de los aerogeneradores de potencia mediana en adelante (más de 50 kW.) no desarrollan gran número de revoluciones, considerándose como normal 60 a 70 revoluciones por minuto.

Teniendo en cuenta que los generadores eléctricos normalmente trabajan a unas 1.500 r.p.m. de promedio, es necesario intercalar una caja multiplicadora para adecuar las distintas velocidades de trabajo de estos dos elementos. En las máquinas pequeñas el generador suele ser un alternador conectado directamente al eje de rotación.

Según sea la posición del eje de rotación, se puede diferenciar a los aerogeneradores en dos grandes grupos: de eje vertical y de eje horizontal. Ambas tecnologías tienen aspectos favorables y desfavorables.

Aerogeneradores de Eje Vertical

Los aerogeneradores de eje vertical tienen la ventaja de no necesitar orientarse respecto a la dirección de donde sopla el viento. Cualquiera sea ella, se accionan

en la misma forma sobre su rotor. Además, los equipos de generación y control se ubican al pie de la estructura simplificando de esta manera el acceso a los mismos y abaratando por consiguiente el costo de mantenimiento. También ofrecen una robustez y resistencia destacable para ser utilizados en zonas de vientos arranchados y de direcciones variables. Como principal elemento desfavorable se puede mencionar que la eficiencia de conversión energética es algo menor que la de los de eje horizontal.

En los aerogeneradores de eje horizontal, el plano de rotación de las aspas debe conservarse perpendicular a la dirección del viento para poder captar la máxima energía. En consecuencia, para adecuarse a las variaciones de dirección de viento, debe instalarse algún mecanismo que oriente la posición del rotor. En equipos pequeños y medianos (hasta unos 10 o 15 kW.) el sistema de orientación es sencillo y funciona por rotación mecánica inducida por un timón de cola que reacciona a la acción del viento.

En equipos de mayor tamaño y, muy especialmente, en los grandes (de más de 100 kW.), la orientación del equipo es servo asistida y se controla electrónicamente a través de un sistema computarizado que censa la dirección e intensidad del

viento y regula la orientación y el ángulo de incidencia de las aspas. El generador eléctrico, así como la caja de multiplicación, están ubicados en el cuerpo del equipo comúnmente llamado góndola (encontrándose en la parte superior de la torre).



**Figura 37: AEROGENERADOR DE EJE
VERTICAL³⁵**

Aerogeneradores de Eje Horizontal

La principal desventaja de este tipo de modelo de eje horizontal radica en que toda la maquinaria y el control del aerogenerador deben ser dispuestos a gran altura y soportados por una estructura que resista el peso. Además, este sistema demanda por un lado la necesidad de un importante cableado para conducir la corriente generada y las señales enviadas al sistema de control y por otro el inconveniente que cuando se produce alguna avería o se efectúa un control de rutina, es necesario subir a la góndola.

³⁵ <http://diarioecologia.com/energia-eolica-conoce-los-tipos-de-aerogeneradores-que-existen/>

De todas maneras y aun sopesando las ventajas y desventajas que cada sistema presenta, es importante acotar que más del 80% de los fabricantes se inclinan por el sistema de eje horizontal.

En la actualidad -y debido a estudios exhaustivos sobre el impacto ambiental y polución auditiva que generan los grandes parques eólicos emplazados sobre superficies habitables- los países y las compañías fabricantes y desarrolladoras de tecnología están tendiendo a construir e instalar los nuevos parques eólicos dentro del mar y cerca de la costa.

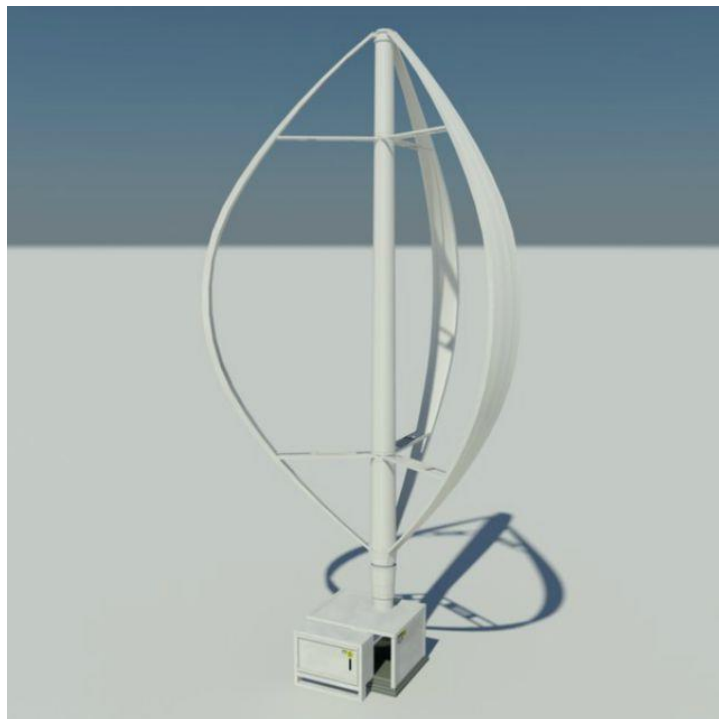


Figura 38: AEROGENERADOR DE EJE VERTICAL³⁶

2.2.4. Marco Legal

³⁶ <http://diarioecologia.com/energia-eolica-conoce-los-tipos-de-aerogeneradores-que-existen/>

Normas, reglamentos, resoluciones y artículos de electrificación (**MINEM, 2011**)

Desde los primeros proyectos de energía solar desarrollados a inicios de los años 80, la energía renovable ha evolucionado positivamente y hoy en día existe legislación y normativa, que permite la inversión privada y apoya los esfuerzos que están haciendo profesionales, empresas, universidades y ONGS por desarrollar este mercado.

A continuación, se enumeran todas las leyes, reglamentos y normas existentes:

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.

I. 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).

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

Nos hace referencia a los sistemas solares fotovoltaicos.

III. 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.

IV. 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:

Para Sistema de Distribución

1. Decreto Ley N° 25844 – «Ley de Concesiones Eléctricas» y su Reglamento
2. Norma Técnica de Calidad «Decreto Supremo N° –97–EM de los Servicios Eléctricos» y sus modificaciones.
3. Código Nacional Electricidad Suministro.
4. Calificación Eléctrica.
5. Normas DGE «Terminología en Electricidad» y «Símbolos Gráficos en Electricidad.
6. R.D. N° 018 – 2002 – EM/DGE «Norma de Procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de utilización en media tensión en zonas de concesión de distribución».
7. Normas Técnicas de las instalaciones del Concesionario.
8. Disposiciones Municipales según corresponda.
9. Reglamento Nacional de Construcciones vigentes.

10. Ley de Protección del Medio Ambiente y protección del patrimonio Cultural de la Nación según corresponda.
11. Sistema legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).
12. Normas Técnicas DGE de Alumbrado de Vías Públicas.
13. Normas Técnicas Eléctricas.

Para sistemas de utilización

1. Decreto Ley N°25844 - «Ley de Concesiones Eléctricas» y su Reglamento.
2. Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.
3. Código Nacional de Electricidad – Utilización.
4. Normas DGE «Terminología en Electricidad» y «Símbolos Gráficos en Electricidad».
5. Condiciones Técnicas indicadas en el documento del punto de diseño.
6. Reglamento Nacional de Construcciones Vigente.
7. Ley de Protección del Medio Ambiente y protección del patrimonio cultural de la Nación según corresponda.

Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844 y D.S. N° 009-93, Reglamento de Ley de Concesiones Eléctricas.

Esta ley es la que contiene las disposiciones que norman todo lo referente a las actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de la Energía Eléctrica.

Artículos N° 31°, 85°, 88°, 97°, 99° y 109° de la Ley de Concesiones Eléctricas Decreto Ley N° 25844 Artículos N° 188°, 189°, 239° y 290° de su Reglamento D.S. N° 009 –93 –EM.

Código Nacional de Electricidad

1. R.M. N° 336 – 20011 – EM / VME (p. 29/Abril/2011) Código Nacional de Electricidad de suministro.

Este código trata básicamente aspectos de seguridad, no es un manual de diseño, ni de especificaciones técnicas. Da reglas – producto de la experiencia –para la instalación, operación y mantenimiento, se considera el empleo de materiales y productos certificados. Recurre al criterio y experiencia profesional, sustentado mediante estudios de ingeniería.

Este código se complementa con el Reglamento de Seguridad e Higiene Ocupacional, y demás normas DGE.

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

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

Impacto Ambiental

Consecuencias ambientales de la utilización de la energía solar

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

Normas y Leyes Ambientales

Norma ISO 14001

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

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

Mediante esta ley se reglamentan aspectos relacionados a la materia ambiental en el Perú. Asimismo; por un lado, plantea a los ciudadanos una serie de derechos con relación al tema ambiental, en tanto que se debe garantizar un ambiente saludable,

equilibrado y apropiado para el desarrollo de la vida; y por otro lado, deberes, en la medida en que todos estamos obligados a contribuir a una efectiva gestión ambiental y a proteger el ambiente.

2.3. Variables

La Variable independiente es Energías no Convencionales.

La variable dependiente es la Generación de energía eléctrica.

2.4. Hipótesis

La relación que existe entre la generación de energía mediante sistemas no convencionales y los parques temáticos, es debido a la necesidad de energía que se consume en este tipo de construcciones, por su iluminación, juegos de luces y juegos de aguas; de los cuales algunos tienen motores para su funcionamiento.

2.5. Definición de Términos

Son los siguientes:

Sistema eólicos:³⁷

- Aerogenerador: Dispositivo mediante el cual se puede llevar a cabo la captación de la energía eólica para transformarla en alguna otra forma de energía. Unidad

³⁷ http://www.leganes.es/portal/RecursosWeb/DOCUMENTOS/1/0_37649_1.pdf
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1817/A7%20Glosario.pdf?sequence=7>

constituida por un generador eléctrico unido a un aeromotor que se mueve por impulso del viento.

- Ahorro de Energía: El ahorro de energía en el hogar se puede conseguir, tanto por el uso de equipos más eficientes energéticamente, como por la aplicación de prácticas más responsables con los equipos que la consumen.
- Amperio o ampere: Es la unidad de intensidad de corriente eléctrica. Es la cantidad de electricidad que pasa por un conductor por un segundo. La corriente está relacionada con la potencia expresada en watts o vatios de la siguiente forma $P \text{ (watts)} = I \text{ (amperes)} \times V \text{ (volts)}$.
- Balance energético: Aplicación de la ecuación de la conservación de la energía a un sistema determinado. Contabilidad de cantidades de energía intercambiadas por un sistema.
- Consumo final de energía: Consumo energético en la fase final de un proceso.
- Densidad del aire: La energía cinética del viento depende de la densidad del aire, es decir, de su masa por unidad de volumen, esto es, cuanto "más pesado" sea el aire más energía recibirá la turbina.
- Desarrollo Sostenible: Aprovechamiento de los recursos que satisface las necesidades actuales protegiendo el

medio ambiente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas.

- EER: Coeficiente de Eficiencia Energética de una máquina frigorífica movida por motores eléctricos, en régimen de refrigeración. Es igual a la relación entre la potencia frigorífica entregada por la máquina al fluido portador y la potencia útil absorbida. Es adimensional.
- Eficiencia Energética: Conjunto de programas y estrategias para reducir la energía que emplean determinados dispositivos y sistemas sin que se vea afectada la calidad de los servicios suministrados.
- Energía: Propiedad de los cuerpos que se manifiesta por su capacidad de realizar un cambio (de posición o de cualquier otro tipo).
- Energía Cinética: La energía cinética de un cuerpo es una energía que surge en el fenómeno del movimiento. Está definida como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa dada desde su posición de equilibrio hasta una velocidad dada.
- Energías renovables: Son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana. El sol está en el origen de todas ellas porque su calor provoca en la Tierra las diferencias de presión que dan origen a los vientos, fuente de la energía eólica.

El sol ordena el ciclo del agua, causa la evaporación que provoca la formación de nubes y, por tanto, las lluvias. También del sol procede la energía hidráulica. Las plantas se sirven del sol para realizar la fotosíntesis, vivir y crecer. Toda esa materia vegetal es la biomasa.

Por último, el sol se aprovecha directamente en las energías solares, tanto la térmica como la fotovoltaica.

- Eólica: La energía eólica es la energía producida por el viento. Como la mayor parte de las energías renovables, la eólica tiene su origen en el sol, ya que entre el 1 y el 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento, debido al movimiento del aire ocasionado por el desigual calentamiento de la superficie terrestre. Excluyendo las áreas con valor ambiental, esto supone un potencial de energía eólica de 53 TWh/año, cinco veces más que el actual consumo eléctrico en el mundo. Por tanto, en teoría, la energía eólica permitiría atender sobradamente las necesidades energéticas del mundo.
- Factor de carga: Para conocer la producción anual de energía de un aerogenerador se divide la producción anual de energía entre la producción teórica máxima, si la máquina estuviera funcionando a su potencia nominal (máxima) durante las 8760 horas del año. Este factor suele rondar el 20 o 30%.

- kWh: Símbolo para el Kilo Vatio-hora, unidad de energía eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades, equivalente a 3,6 millones de Julios y que expresa la energía que desarrolla un equipo generador, de 1 vatio de potencia durante una hora, o consume un equipo consumidor de la misma potencia durante el mismo tiempo.
- Potencia: Variación de la energía intercambiada con el tiempo. La unidad de potencia es el vatio (W). $1\text{ W} = 1\text{ J/s}$.
- Radiación solar: Es la radiación electromagnética producida por el sol con una temperatura equivalente a 5777 K.
- Solar fotovoltaica: Energía basada en el llamado efecto fotovoltaico que se produce al incidir la luz sobre materiales semiconductores. De esta forma se genera un flujo de electrones en el interior de esos materiales y una diferencia de potencial que puede ser aprovechada.
- Veleta: Es un accesorio utilizada para medir la dirección del viento, envía sus señales al controlador electrónico de forma que éste pueda girar el aerogenerador en contra del viento utilizando el mecanismo de orientación.
- Velocidad de arranque: Velocidad mínima de viento por encima de la cual el rotor comienza a girar.
- Velocidad de corte: Velocidad máxima de viento por encima de la cual rotor deja de suministrar potencia al eje motor.
- Velocidad de diseño nominal: Velocidad del viento incidente para la cual se obtiene la potencia máxima.

- **Velocidad máxima crítica:** Velocidad del viento a la que se pone en funcionamiento los sistemas de parada de emergencia en previsión sobre cargas mecánicas peligrosas.
- **Velocidad media anual del viento:** Valor medio del módulo de la velocidad del viento en un emplazamiento y altura dados a lo largo de un año.

Sistema Fotovoltaicos:³⁸

- **Acumulador:** Elemento de instalación capaz de almacenar la energía eléctrica, transformándola en energía química. Se compone de diversas baterías conectadas entre sí en serie o en paralelo.
- **Amperio-hora:** Unidad usada para especificar la capacidad de una batería.
- **Balance of System (BOS):** Representa el resto de componentes del sistema, añadidos a los módulos fotovoltaicos.
- **Baterías:** Acumulan la energía que reciben de los paneles. Cuando hay consumo, la electricidad la proporciona directamente la batería y no los paneles.
- **Diodo de bloqueo:** Diodo que impide que se invierta la corriente en un circuito. Normalmente es usado para evitar la descarga de la batería.
- **Célula Fotovoltaica:** Unidad básica del sistema fotovoltaico donde se produce la transformación

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

- **Convertidor Continua - Continua:** elemento de la instalación encargado de adecuar la tensión que suministra el generador fotovoltaico a la tensión que requieran los equipos para su funcionamiento.
- **Inclinación:** Ángulo que forma el panel fotovoltaico con una superficie perfectamente horizontal o a nivel.
- **Inversor:** Transforma la corriente continua que suministran las baterías o los paneles en corriente alterna para su uso en diferentes electrodomésticos o aplicaciones, tanto en sistemas aislados como en sistemas conectados a red.
- **Módulo o Panel Fotovoltaico:** Es el conjunto formado por las distintas células fotovoltaicas interconectadas, encapsuladas y protegidas por un vidrio en su cara anterior y por un marco por los laterales. El módulo está provisto de terminales para su conexión a la instalación.
- **Rendimiento:** Es la relación que existe entre la energía que realmente transforma en energía útil y la que requiere un determinado equipo para su funcionamiento.

3. MARCO METODOLOGICO

3.1. Diseño de Contrastación de la Hipótesis

3.1.1.1. Tipo y diseño de Investigación

Para el diseño del sistema Generación de energía eléctrica con energías no convencionales para el parque temático Manuel Antonio Mesones Muro ubicado en el distrito de Manuel Antonio Mesones Muro, Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque.

La metodología aplicada es la siguiente:

a) Investigación Aplicada:

Tiene por objetivo resolver un determinado problema o planteamiento específico en este caso el consumo excesivo de energía eléctrica, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo cultural y científico para el dimensionamiento del sistema híbrido eólico solar.

b) Investigación Descriptiva:

Se encarga en la recolección de datos, la predicción e identificación que existe entre las dos o más variables (aerogenerador, energía eólica, radiación solar y energía solar) para extraer generalizaciones significativas que contribuyan con el conocimiento.

c) Investigación Explicativa:

Se obtiene una idea general y utiliza la investigación como una herramienta para que lo guíe a temas que podrían abordarse en el futuro. Su objetivo es encontrar por qué y para qué de un objeto de estudio.

3.2. Población y Muestra

La población y la muestra es el Parque principal de Manuel Antonio Mesones Muro, ubicado en el distrito de Manuel Antonio Mesones Muro, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque. Si los elementos de la muestra representan las características de la población, las generalizaciones basadas en los datos obtenidos pueden aplicarse a todo el grupo.

3.3. Hipótesis

Si se aprovecha la energía eólica y solar con la implementación de un sistema eléctrico híbrido eólico fotovoltaico se logrará suministrar energía eléctrica al parque principal Manuel Antonio Mesones Muro ubicado en el distrito de Manuel Antonio Mesones Muro.

3.4. Operacionalización de las variables

TIPO	DEFINICIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTO	INDICADORES
DEPENDIENTE	Energías no Convencionales	1. Fichaje 2. Entrevista 3. Observación	1.1. Resumen 2.1. Cuestionario 3.1. Lista de Chequeo	✓ Cálculo de la máxima de demanda ✓ Determinación de la velocidad promedio del viento y radiación solar promedio ✓ Dimensionamiento del sistema híbrido ✓ Dimensionamiento del sistema de distribución
INDEPENDIENTE	Generación de energía eléctrica	4. Fichaje 5. Observación	4.1. Resumen 5.1. Lista de Chequeo 5.1.	✓ Determinación de la velocidad promedio del viento y la radiación solar promedio ✓ Angulo de inclinación y dirección del viento

3.5. Materiales, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.5.1. Materiales:

3.5.1.1. Recursos Disponibles:

- **Equipos e instrumentos:** Lap Top marca ASUS con Microsoft office 2019.
- **Material:** Material bibliográfico (libros, tesis, revistas, catálogos, páginas web, etc.), memorias USB, lapiceros, libretas.
- **Infraestructura:** Biblioteca FIME, sala de estudios.

3.5.2. Métodos y Técnicas de investigación

En el presente trabajo de investigación 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

A partir de las visitas técnicas a la localidad se obtienen los datos del número de habitantes, para lo cual se utilizó como instrumentos fichas de observación y lista de chequeo.

b) La Entrevista

Este formato se utilizó especialmente para recopilar información de los habitantes para conocer su realidad problemática.

c) El Fichaje

Este instrumento de medición se utilizó para registrar los datos que se van obteniendo en los instrumentos llamados fichas, los cuales, debidamente elaborados y ordenados contienen la mayor parte de la información que se recopiló en nuestra investigación.

3.5.2.1. 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.

a. Resumen

Este instrumento se utilizará para rescatar ideas principales de normas emitidas por el Ministerio de Energía y Minas del Perú y además rescatar ideas de tesis y de bibliografía que nos ayudaran a tomar como base para nuestro trabajo de investigación.

b. Lista de chequeo

Este instrumento se utilizó para rescatar la información científica, leyes y normas emitidas por el Ministerio de Energía y Minas del Perú y de otros países con lo que elaboramos nuestro marco conceptual y metodológico.

c. Fotografías

Con la finalidad de fotografiar las cargas en las viviendas de la ciudad Manuel Antonio Mesones Muro. Además de evidenciar nuestra presencia.

d. 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 2019, Con las hojas de cálculo en Excel.

e. Planos

Para presentar el diagrama unifilar de la instalación fotovoltaica, usando el software AUTOCAD 2019.

f. Mapas

Nos facilitara la ubicación geográfica del Parque principal Manuel Antonio Mesones Muro, distrito de Manuel Antonio Mesones Muro, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque.

3.5.2.2. Análisis Estadísticos e interpretación de los datos

Medidas de dispersión

a) Rango

Mide la amplitud de los valores de los datos y se calcula por la diferencia entre el valor más elevado y el valor más bajo.

Lo hemos utilizado después de obtener la radiación solar de diferentes fuentes para saber cuál es la variación entre el valor máximo y mínimo en el lugar de estudio.

Medidas de tendencia central

a. Media (Promedio)

Es la medida estadística de tendencia central más significativa y que nos permitió determinar el valor medio de la radiación solar, para ello se ha utilizado la siguiente expresión:

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

3.6. Análisis de los Datos

- a) El resultado de la Potencia del parque se obtiene del expediente Técnico del Proyecto: “MEJORAMIENTO DEL PARQUE PRINCIPAL DEL CERCADO DE MANUEL ANTONIO MESONES MURO, DISTRITO DE MANUEL ANTONIO MESONES MURO – FERRENAFE – LAMBAYEQUE”, en el cual se considera una potencia instalada de 157,30 KW y una máxima demanda contratada de 119,55 KW. (Véase en el ANEXO N°1).

Por lo tanto, se considera la Potencia instalada 119,55 KW, para realizar el dimensionamiento del sistema Híbrido solar-eólico.

- b) Los resultados obtenidos de la radiación solar y la velocidad del viento fueron sacados de la página de la NASA el POWER Data Access Viewer, siendo esta una fuente secundaria; la cual arrojó los siguientes datos: (Véase en el ANEXO N°2)

Radiación Solar

Los datos de la Radiación Solar son los promedios de los días de cada mes, durante 30 años, y en último recuadro es el promedio final de todos los meses. (Véase en el ANEXO N°3)

SI_EF_TILTED_SURFACE: Irradiancia solar para el ecuador frente a la superficie inclinada (conjunto de superficies) (kW-hr/m²/día)

DNR: Radiación normal directa (kW-hr/m²/day)

DIFF: Radiación difusa en una superficie horizontal (kW-hr/m²/day)

KT: Índice de claridad de aislamiento (%)

ALL SKY_SFC_SW_DWN: Todos los cielos de Insolación en incidencia de una superficie horizontal (kW-hr/m²/day)

SI_EF_OPTIMAL: Irradiación óptima (kW-hr/m²/day)

SI_EF_OPTIMAL_ANG : Irradiación óptima (Degrees)

SI_EF_TILTED_ANG_ORT: Irradiación Orientación de superficie inclinada (N/S Orientation)

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
ALL SKY_SFC_SW_DWN	5.70	5.55	5.84	5.38	4.89	4.47	4.48	4.91	5.59	5.95	5.98	5.86	5.38
DNR	5.12	4.62	5.2	5	4.87	4.49	4.34	4.49	5.03	5.33	5.58	5.53	4.97
DIFF	2.2	2.3	2.16	1.96	1.76	1.69	1.75	1.91	2.07	2.18	2.13	2.12	2.02
KT	0.52	0.51	0.54	0.55	0.55	0.52	0.52	0.53	0.56	0.56	0.57	0.55	0.54
SI_EF_TILTED_SURFACE_NEG9	3.3	2.6	2.41	3.15	3.66	3.7	3.54	3.23	2.73	2.57	3.21	3.54	3.14
SI_EF_TILTED_SURFACE_0	5.6	5.23	5.76	5.32	4.84	4.42	4.44	4.86	5.52	5.87	5.88	5.77	5.29
SI_EF_TILTED_SURFACE_21	5.71	5.16	5.56	5.48	5.27	4.94	4.88	5.12	5.47	5.71	5.95	5.95	5.43
SI_EF_TILTED_SURFACE_6	5.69	5.26	5.76	5.42	5.01	4.62	4.61	4.98	5.56	5.88	5.96	5.88	5.39
SI_EF_TILTED_SURFACE_90	2.84	2.16	1.84	2.63	3.18	3.28	3.12	2.76	2.19	2.01	2.7	3.05	2.65
SI_EF_OPTIMAL	5.73	5.26	5.77	5.49	5.3	5.01	4.93	5.12	5.56	5.88	5.99	5.96	5.5
SI_EF_OPTIMAL_ANG	15	7	-3	-17	-28	-33	-30	-21	-9	5	13	17	-7
SI_EF_TILTED_ANG_ORT	S	S	N	N	N	N	N	N	N	S	S	S	N

Se toma como resultado la menor radiación solar de todo el año, para realizar el cálculo. El cual es 4.47 kW-hr/m²/día.

Velocidad del Viento

Los datos de la Velocidad del Viento son Promedios de cada mes, durante 30 años, y en el último recuadro es el promedio final del año. (Véase en el ANEXO N°4)

WS10M: Velocidad del viento a 10 metros (m/s).

WS50M: Velocidad del viento a 50 metros (m/s).

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
WS10M	3.26	3.14	3.1	3.39	3.66	3.74	3.83	3.92	3.94	3.74	3.56	3.42	3.56

El cálculo del sistema eólico no se va a realizar por no cumplir con el mínimo de velocidad del viento que es 4 m/s, según el libro “Manual Práctico de Energía eólica”, en la página 9 dice lo siguiente: “En general, se requiere una media de velocidad del viento a lo largo del año superior a 4 m/s para considerar un sistema de energía eólica. Sin embargo, es conveniente tener velocidades mayores a 4 m/s. Los aerogeneradores deben ser instalados en zonas no obstruidas, abiertas, con una clara exposición a los vientos dominantes. La figura 5 muestra un mapa eólico de Europa Occidental. Este diagrama ilustra que Escandinavia, el Reino Unido, Irlanda y la costa Atlántica de Europa tienen las condiciones de viento más favorables para el desarrollo de la energía eólica”.

Por lo tanto, solo se trabajará con Energía Fotovoltaica.

III. PROPUESTA DE INVESTIGACION

3.1. PROPURSTA DE LA INVESTIGACION

Para este trabajo de investigación con el objetivo de suministrar energía al Parque Principal Manuel Antonio Mesones Muro, distrito de Manuel A. Mesones Muro, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque”; se propone el diseño de una instalación fotovoltaica y eólica.

Para lo cual se propone o siguiente:

3.1.1. Equipamiento de la instalación fotovoltaica y eólica

En lo que respecta al equipamiento se indica la configuración e instalación de cada equipo en el central solar el número de paneles solares utilizados, reguladores, baterías, inversores, el interruptor termomagnético (ver tabla 1.). El equipamiento se muestra en el plano, en el ANEXO N° 5.

Tabla 1: Equipamiento del sistema fotovoltaico

EQUIPAMIENTO	CANTIDAD
Módulos fotovoltaicos modelo TP672P, de 330 Wp Policristalino; 205 ramas en paralelo de 2 módulos fotovoltaicos conectados en serie.	410
Regulador modelo JNDX200A	11
Inversores marca TRIO-TM-50.0-480	3
Batería de la marca ROLLS modelo 12 CS 11PS; 11 ramas de 20 baterías	220
Accesorios Eléctricos	1

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Ubicación de la instalación fotovoltaica y eólica

La instalación fotovoltaica se ubicó a un costado de la localidad para más seguridad y menos riesgos en esta parte están concentrados todo el sistema de generación el cual está compuesto por los módulos, reguladores y la casa de máquinas donde se ubicarán los bancos de baterías e inversores. El cual estará totalmente circulado e identificado y señalado como zona de alto riesgo.

3.1.3. Sistema de distribución en 380 V

En el plano del ANEXO N°5, se detalla el plano del sistema de distribución eléctrica en 380 V, el cual especifica la ubicación del Parque Principal el tipo de armado y poste a utilizar en cada punto el tipo de conductor, puesta a tierra, retenidas.

IV. ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

4.1 Cálculo de energía eléctrica

Considerando los datos de recolectados a través del expediente y con instrumentos de medición del parque en dicha localidad, tenemos información sobre los circuitos eléctricos que se utilizan en el Parque principal de Manuel Antonio Mesones Muro.

4.1.1. Consumo de energía necesaria al día (Wh/día)

El consumo de energía se ha sacado del cuadro de Cargas cuando el parque ha estado en funcionamiento al 100 % tal como se muestra en el ANEXO N°1.

4.1.2. Evaluación de la Radiación Solar

Utilizando la información básica sobre la zona de ubicación del Parque principal Manuel Antonio Mesones Muro, se obtienen las coordenadas de latitud y longitud, las cuales se ingresaron en la página de la NASA, quien nos proporcionó la data de radiación solar por meses de todo un año aquel lugar.

Con esta información obtendremos las horas equivalentes de Sol (Tiempo de incidencia de la radiación de 1000 W/m².dia sobre el módulo fotovoltaico), la cual corresponderá al valor promedio mensual con menor radiación.

Se ha utilizado el atlas solar y el software SOLARIUS PLUS, teniendo así 3 fuentes en donde se sacó la información, las cuales son las siguientes:

ATLAS DE SENAMHI, en la cual se obtiene la radiación solar mínima y máxima, para el departamento de Lambayeque.

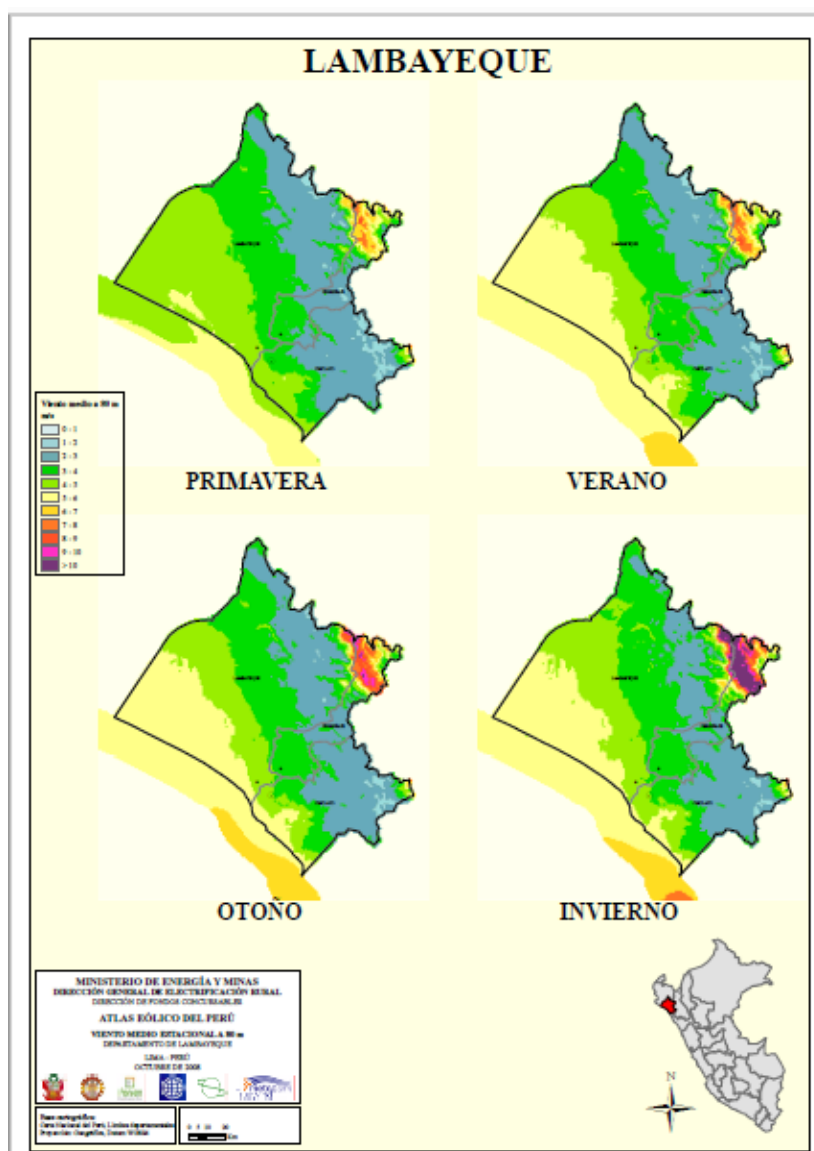


Figura 39:Radiación solar en el departamento de Lambayeque³⁹

La irradiación solar más desfavorable varía entre 4 kWh/m²/día y 45 kWh/m²/día por lo que se considera el valor promedio de 4,5 kWh/m²/día. En la página de la NASA (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>) brinda información de la radiación solar existente al mes en la zona. Con la latitud y longitud de donde se ubica el Parque Principal de Manuel Antonio Mesones Muro, podemos obtener la radiación solar del lugar donde se desarrollará el presente proyecto.⁴⁰

³⁹ Atlas de energía solar del Perú. (SENAMHI, 2003)

⁴⁰ <https://goo.gl/maps/5G9v35sZcCHaAGpa8>

Latitud: -6,6420903

Longitud: -79,7443643

Tabla 2: Radiación solar en el Parque Principal de Manuel A. Mesones

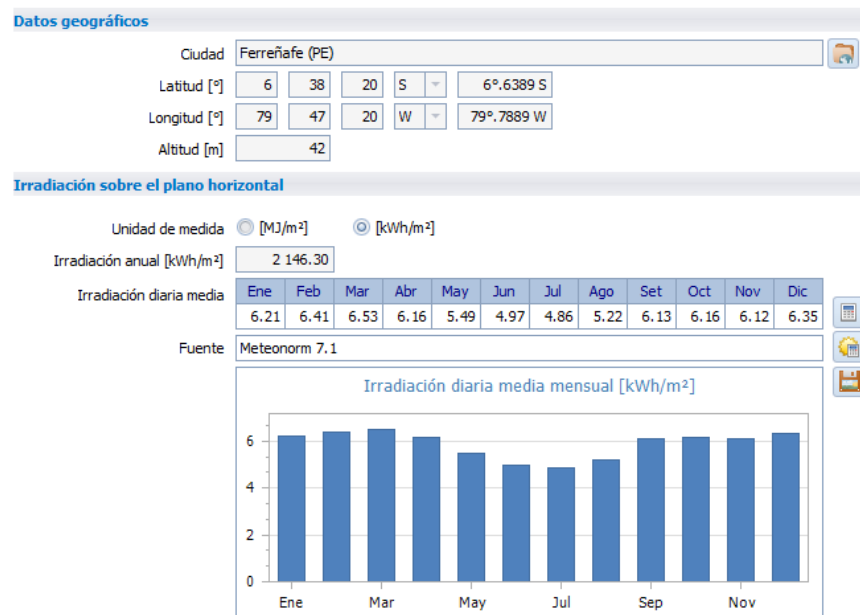
Muro según NASA

Incidente de aislamiento promediado mensual en una superficie horizontal (kWh/m ² /día)													
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
ALL SKY_SFC_SW_DWN	5.70	5.55	5.84	5.38	4.89	4.47	4.48	4.91	5.59	5.95	5.98	5.86	5.38
Diferencia mínima y máxima de la insolación promedio mensual (%)													
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
Máximo	15	21	11	14	12	22	23	15	15	14	16	13	-999
Mínimo	-20	-27	-16	-24	-18	-32	-30	-18	-8	-14	-9	-20	-999

Fuente: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

La irradiación solar más desfavorable es en el mes de junio con un valor de 4,47 kWh/m²/día.

4.2. Software Solarius Plus



La irradiación solar más desfavorable es en el mes de Julio con un valor de 4,86 kWh/m²/día.

De los datos obtenidos de las 3 fuentes se considera el de menor de esos resultados, el cual el menor valor de la radiación solar en el Parque Principal de Manuel Antonio Mesones Muro es de 4,47 kWh/m²/día.

4.3. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

4.3.1. Parámetros de diseño

Para el diseño del sistema fotovoltaico se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

Tabla 3: Radiación solar y días de autonomía

Parque Principal Manuel A. Mesones Muro	
Radiación solar (kWh/m ² /día)	4,47
Días de autonomía	2

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Consumo de Energía eléctrica diaria

Se ha tomado en consideración la potencia total con el que se ha diseñado el Parque de Manuel Antonio Mesones Muro, cuyo valor es de 119,55 kW durante 3 horas al día, lo cual da un consumo de 358,65 kWh/día.

Considerando la irradiación promedio anual de: 4,47 kWh/m²/día, entonces H.S.P.=4,47 h, entonces la potencia de carga es:

$$P = 358,65/4,47 = 80,23 \text{ kW}$$

Para el cálculo de la energía que suministraran los módulos hay que considerar las pérdidas ocasionadas en el inversor, regulador, batería de acumuladores, perdidas de potencia por efecto joule en los conductores, no trabajar en el punto de máxima potencia de los módulos fotovoltaicos, etc. Según Agustín Castejón⁴¹, para facilitar el cálculo de la potencia del generador estas pérdidas se agrupan en un coeficiente que recoge el rendimiento energético de la instalación; para el caso de sistemas con regulador, inversor, batería de acumuladores se considera: 0,6

$$E_{elec} = E / (0,6) = 358,65 / (0,60) = 597,75 \text{ kWh/día}$$

⁴¹ (Agustin Castejon s.f.)

$$Pot = 133,72 \text{ kWp}$$

4.3.3. Determinación del promedio de la Radiación Diaria Mensual disponible

Según los datos del SENAMHI consideramos una radiación solar de 4,5 kWh/m²/día y según los datos de la NASA tenemos un valor de: 4,47 kWh/m²/día. Para nuestro calculo consideraremos el valor mínimo de 4,47 kWh/m²/día como dato y lo reemplazaremos en las H_s (horas solar pico de la zona).

4.4. Elección de tipo y número de módulos fotovoltaicos

4.4.1. Características del módulo fotovoltaico

El panel solar que se utilizará para nuestra instalación Solar es el modelo TP672P, de 330 Wp, las siguientes características principales:



Figura 40: Panel solar modelo TP672P⁴²

⁴² Catálogo Telesun (ANEXO 01)

Tabla 4: Datos del Panel Policristalino TP672P Pm(W)330, de 330 Wp

ELECTRICAL PARAMETERS

Performance at STC (Power Tolerance 0 - +3%)				
Maximum Power (Pmax/W)	315	320	325	330
Operating Voltage (Vmpp/V)	36.8	37.1	37.4	37.7
Operating Current (Impp/A)	8.56	8.63	8.70	8.76
Open-Circuit Voltage (Voc/V)	45.2	45.5	45.7	45.9
Short-Circuit Current (Isc/A)	9.11	9.16	9.22	9.27
Module Efficiency ηm(%)	16.2	16.5	16.7	17.0
Performance at NOCT				
Maximum Power (Pmax/W)	232	236	240	243
Operating Voltage (Vmpp/V)	33.8	34.1	34.4	34.6
Operating Current (Impp/A)	6.88	6.92	6.98	7.04
Open-Circuit Voltage (Voc/V)	41.7	42.0	42.2	42.3
Short-Circuit Current (Isc/A)	7.38	7.42	7.46	7.51

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5 *NOCT: 800W/m², 20°C, AM 1.5, Wind Speed: 1m/s

Fuente: Catalogo Telesun (ANEXO N°6)

4.4.2. Cálculo del número mínimo de módulos necesarios

Para no sobredimensionar Según Germán Santamaría Agustín Castejón⁴³ se comprobará que, con la potencia del módulo elegido, la potencia del generador fotovoltaico no sobrepase el 20 % de la potencia requerida por la carga cuantificando tenemos que generar fotovoltaico deben cumplir:

$$\frac{E_{elec}}{H_s} \leq N_{mf} P_{pico} \leq 1,2 \frac{E_{elec}}{H_s}$$

Donde:

N_{mf} = Número mínimo de módulos fotovoltaicos necesarios.

E_{elec} = Consumo de energía eléctrica total media diaria (Wh/día).

H_s = Horas solar pico de la zona.

P_{pico} = Potencia nominal o pico del módulo fotovoltaico.

⁴³ INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS, German Santamaría Agustín Castejón

$$405,23 \leq N_{mf} \leq 486,27$$

Se consideran 410 módulos fotovoltaicos.

4.4.3. Cálculos del número de módulos conectados en serie

$$N_{S\ mf} = V_T / V_{mf}$$

Donde:

$N_{S\ mf}$ = Número de módulos fotovoltaico que deben conectarse en serie

V_T = Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico 48 V. (por que su consumo es muy elevado se ha elegido esa tensión).

V_{mf} = Tensión nominal de un módulo fotovoltaico (24 V).

$$N_{S\ mf} = 48 / 24$$

$$N_{S\ mf} = 2$$

4.4.4. Cálculo del número de ramas conectadas en paralelo

$$N_{P\ mf} = N_{mf} / N_{S\ mf}$$

Donde:

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

N_{mf} = Número de módulos fotovoltaicos.

$N_{S\ mf}$ = Número de módulos fotovoltaicos conectados en serie.

$$N_{P\ mf} = 410 / 2$$

$$N_{P\ mf} = 205$$

4.4.5. Cálculo del número total de módulos

$$N_{TOTAL} = N_{S\ mf} \times N_{P\ mf}$$

$$N_{TOTAL} = 2 \times 205$$

$$N_{TOTAL} = 410 \text{ módulos}$$

4.4.6. Parámetros eléctricos totales del campo fotovoltaico

Tabla 5: Parámetros eléctricos totales del sistema de captación

Potencia Pico total (kWp)	Potencia Pico por paneles x Total de paneles	131.2
Corriente total de máxima potencia (A)	Corriente de máxima potencia. Por panel x Total de paneles paralelo	1795.8
Corriente total de cortocircuito (A)	Corriente de cortocircuito por panel x Total de paneles paralelo	1900.35
Tensión nominal total de salida del sistema (V)	Tensión de trabajo	48
Tensión de máxima potencia total del sistema (V)	Tensión de máxima potencia por Pane x Total de paneles en serie	75.4
Tensión total en circuito abierto del sistema (V)	Tensión de circuito abierto Panel x Total de paneles en serie	91.8

Fuente: Elaboración Propia

4.4.7. Angulo óptimo de inclinación

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

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

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

β_{opt} : Angulo de inclinación optimo

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

Sabiendo que la latitud es de -6,642

$$\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 \times |-6,642^\circ|)$$

$$\beta_{opt} = 8,28298^\circ = 8,3^\circ$$

luego el ángulo óptimo es de 8,3° y es la inclinación que deben tener los paneles solares para recolectar la mayor cantidad de energía solar durante el día, pero 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.

4.5. Dimensionamiento del Regulador Necesario

4.5.1. Cálculo de la corriente máxima que debe soportar el regulador

$$I_{REG} = f_s \times I_{CC\ mf} \times N_{P\ mf}$$

Dónde:

I_{REG} = Corriente máxima que debe soportar el regulador (A).

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

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

fs : entre 1,10 y 1,20 Es un factor de sobredimensionamiento

$$I_{REG} = 1,10 \times 9,27 \times 205$$

$$I_{REG} = 2\,090,39\text{ A}$$

4.5.2. Cálculo del voltaje máximo que debe soportar el regulador

$$V_{REG\ max} = 1,2 \times V_{OC\ mf} \times N_{S\ mf}$$

Donde:

$V_{REG\ max}$ = Voltaje máx. Que debe soportar el regulador (V).

$V_{OC\ mf}$ = Voltaje de circuito abierto (V).

$N_{S\ mf}$ = Número de módulos conectados en serie.

$$V_{REG\ max} = 1,2 \times 45,9 \times 2$$

$$V_{REG\ max} = 110,16\text{ V}$$

4.5.3. Características del Regulador seleccionado



Figura 41: Regulador modelo JNDX200A⁴⁴

Tabla 6: Características eléctricas del Regulador seleccionado

Parámetros:

Parámetro eléctrico	parámetro								
voltaje nominal del sistema	corriente continua 240V	corriente continua 220V	corriente continua 216V	corriente continua 192V	corriente continua 120V	corriente continua 110V	corriente continua 96V	corriente continua 48V	corriente continua 24V
Corriente de carga nominal	200A	200A	200A	200A	200A	200A	200A	200A	200A
El voltaje máximo permitido	corriente continua 320V	corriente continua 293V	corriente continua 288V	corriente continua 256V	corriente continua 160V	corriente continua 147V	corriente continua 128V	corriente continua 64V	corriente continua 32V
Voltaje de entrada máximo	corriente continua 450V	corriente continua 430V	corriente continua 430V	corriente continua 400V	corriente continua 250V	corriente continua 230V	corriente continua 200V	corriente continua 100V	corriente continua 50V
Mínimo voltaje de entrada	corriente continua 300V	corriente continua 275V	corriente continua 270V	corriente continua 240V	corriente continua 150V	corriente continua 138V	corriente continua 120V	corriente continua 60V	corriente continua 30V
Potencia máxima de entrada	48000	44000	43200	38400	24000	22000	19200	9600W	4800W
Pérdida estática	< 0.2A								
Caída de bucle de carga	≤0.5V								
Circuito de descarga de caída de presión	≤0.3V								

Fuente: Catálogo del regulador JNDX200A (ANEXO N°7)

4.5.4. Cálculo del número de reguladores

⁴⁴ Catálogo del regulador JNDX200A

$$N_{P\ reg} = I_{REG} / I_{reg}$$

Donde:

$N_{P\ reg}$ = Número de reguladores que deben conectarse en paralelo.

I_{REG} = Corriente máxima que debe soportar el regulador (A).

I_{reg} = Corriente de cada regulador (A).

$$N_{P\ reg} = 2\ 090,39 / 200$$

$$N_{P\ reg} = 10,45 = 11 \text{ reguladores}$$

4.5.5. Cálculo del número de ramas de módulos que deben conectarse a cada regulador

$$\text{Ramas por regulador} = N_{P\ mf} / N_{P\ reg}$$

$$\text{Ramas por regulador} = 205 / 11$$

$$\text{Ramas por regulador} = 18,64 = 19 \text{ ramas}$$

19 ramas de módulos fotovoltaicos por regulador, con lo cual el número de módulos fotovoltaicos sería 38, por cada regulador.

4.5.6. Comprobación

Debido a que los 410 módulos fotovoltaicos se van a agrupar en 11 grupos de 38 módulos, para ser conectados a los 11 reguladores debemos de comprobar que las 19 ramas en paralelo de dos módulos sus características están por debajo de la del regulador

Para el caso de la tensión de circuito abierto tenemos: $2 \times 37,7 \text{ V} = 75,4 \text{ V}$
 $< 200 \text{ V}$ (según Tabla 6).

Para el caso de la tensión a potencia máxima del sistema fotovoltaico de 19 ramas de dos módulos en serie tenemos que $2 \times 45,9 \text{ V} = 91,8 \text{ V} < 200 \text{ V}$ (según Tabla 6).

La potencia para el regulador es de 19 200 W, según figura 32; ahora la potencia de los 38 módulos fotovoltaicos es de $38 \times 330 = 12\,540 \text{ W} < 19\,200 \text{ W}$, OK.

luego utilizaremos 11 reguladores regulador JNDX200A, donde a cada regulador se conectarán 19 ramas de dos módulos fotovoltaicos (38 módulos fotovoltaicos en total).

4.6. Cálculo de la Potencia del inversor



Figura 42: Inversor TRIO-TM-50.0-480⁴⁵

⁴⁵ Catálogo ABB del Inversor TRIO-TM-60.0-480

Tabla 7: Características del Inversor TRIO-TM-50.0-480

Technical data and types		
Type code	TRIO-TM-50.0-400	TRIO-TM-60.0-480
Input side		
Absolute maximum DC input voltage ($V_{max,abs}$)	1000 V	
Start-up DC input voltage (V_{start})	420...700 V (Default 420 V)	420...700 V (Default 500 V)
Operating DC input voltage range ($V_{dcmin}...V_{dcmax}$)	0,7xV _{start} ... 950 V (min 300 V)	0,7xV _{start} ... 950 V (min 360 V)
Rated DC input voltage (V_{dc})	610 Vdc	720 Vdc
Rated DC input power (P_{dc})	52000 W	61800 W
Number of independent MPPT	3 (SX and SX2 version) / 1 (standard and S version)	
Number of MPPT in parallel mode	1	
Maximum DC input power for each MPPT ($P_{mppt,max}$)	17500 W	21000 W
MPPT input DC voltage range ($V_{mppt,min}...V_{mppt,max}$) at P_{dc}	480-800 Vdc	570-800 Vdc
Maximum DC input current ($I_{dc,max}$) for each MPPT	36 A	
Maximum input short circuit current for each MPPT	55 A (165 A in case of parallel MPPT)	
Number of DC input pairs for each MPPT	5	
DC connection type	Screw terminal block (Standard and -S version) or PV quick fit connector ²⁾ (-SX and SX2 version)	
Input protection		
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source	
Input over voltage protection for each MPPT - varistor	Yes, 1 for each MPPT	
Input over voltage protection for each MPPT - plug-in modular surge arrester	Type 2 (option) with monitoring	
Photovoltaic array isolation control	According to local standard	
DC switch rating for each MPPT (version with DC switch)	60 A / 1000 V for each MPPT (180 A in case of parallel MPPT)	
Fuse rating (version with fuses)	15 A / 1000 V	
Output side		
AC grid connection type	Three-phase (3W+PE or 4W+PE)	
Rated AC power ($P_{ac} @ \cos\phi=1$)	50000 W	60000 W
Maximum AC output power ($P_{ac,max} @ \cos\phi=1$)	50000 W	60000 W
Maximum apparent power (S_{max})	50000 VA	60000 VA
Rated AC grid voltage (V_{ac})	400 V	480 V
AC voltage range	320...480 V ¹⁾	384...571 V ¹⁾
Maximum AC output current ($I_{ac,max}$)	77 A	
Contributory fault current	92 A	
Rated output frequency (f_i)	50 Hz / 60 Hz	
Output frequency range ($f_{min}...f_{max}$)	47...53 Hz / 57...63 Hz ²⁾	
Nominal power factor and adjustable range	> 0.995; 0...1 inductive/capacitive with maximum S_{max}	
Total current harmonic distortion	<3%	
AC connection type	Screw terminal block, cable gland	

Fuente: Catálogo ABB del Inversor TRIO-TM-50.0-480 (ANEXO N°8)

4.6.1. Cálculo de la potencia de entrada del inversor

Pot. de entrada, al inversor = Pot. de salida pob. / Rend. del inver.

Pot. de entrada, al inversor = (135,30) / 0,95 kW

Pot. de entrada, al inversor = 142,42 kW

4.6.2. Cálculo del número de Inversores

Nº de inversores = Pot. Entrada del inversor/Pot. de cada inversor

Número de inversores = 142,42 kW / 52,0 kW = 2,74 = 3

se utilizarán 3 inversores

4.7. Dimensionamiento del banco de baterías

4.7.1. Características de las baterías seleccionadas

Tabla 8: Características técnicas de la batería ROLLS 12 CS 11 PS

Surrette

DEEP CYCLE-SOLAR

SERIES 5000

BATTERY TYPE

VOLTS 12

12 CS 11PS

DIMENSIONS

LENGTH

559 MM 22 INCHES

WIDTH

286 MM 11 1/4 INCHES

HEIGHT

464 MM 18 1/4 INCHES

WEIGHT DRY

100 KG 220 LBS.

WEIGHT WET

124 KG 272 LBS.

CONTAINER CONSTRUCTION

INNER CONTAINER

POLYPROPYLENE

INNER COVER

POLYPROPYLENE - HEAT SEALED TO INNER CONTAINER

OUTER CONTAINER

HIGH DENSITY POLYETHYLENE

OUTER COVER

HIGH DENSITY POLYETHYLENE SNAP FIT TO CONTAINER

HANDLES

MOLDED

PLATES PER CELL

11

ELECTROLYTE RESERVE ABOVE PLATES

95 MM 3.75 INCHES

DESIGN CRITERIA 10 YEAR WARRANTY

3300

CYCLES

15 YEAR LIFE

POSITIVE PLATE DIMENSION

HEIGHT

273 MM 10.750 INCHES

WIDTH

143 MM 5.625 INCHES

THICKNESS

6.73 MM 0.265 INCHES

NEGATIVE PLATE DIMENSION

HEIGHT

273 MM 10.750 INCHES

WIDTH

143 MM 5.625 INCHES

THICKNESS

4.70 MM 0.185 INCHES

SEPARATOR

SEPARATOR THICKNESS

0.105 INCH

INSULATION

POSITIVE PLATE ENVELOPED BY VERTICAL GLYER GLASS MAT

TERMINALS

FLAG WITH STAINLESS STEEL NUTS AND BOLTS

COLD CRANK

CCA 0°F / -17.8°C

845

RESERVE

MCA 32°F / 0°C

1056

MINUTES AT 25A

677

CAPACITY

20 HR RATE

357

CAP / AH

CURRENT / AMPS

CAPACITY AT THE 100 HOUR RATE

1.265 SP. GR.

503

5.03

CAPACITY AT THE 72 HOUR RATE

1.265 SP. GR.

475

6.59

CAPACITY AT THE 50 HOUR RATE

1.265 SP. GR.

439

8.78

CAPACITY AT THE 24 HOUR RATE

1.265 SP. GR.

371

15.5

CAPACITY AT THE 20 HOUR RATE

1.265 SP. GR.

357

17.9

CAPACITY AT THE 15 HOUR RATE

1.265 SP. GR.

332

22.1

CAPACITY AT THE 12 HOUR RATE

1.265 SP. GR.

311

25.9

CAPACITY AT THE 10 HOUR RATE

1.265 SP. GR.

296

29.6

CAPACITY AT THE 8 HOUR RATE

1.265 SP. GR.

278

34.8

CAPACITY AT THE 6 HOUR RATE

1.265 SP. GR.

253

42.2

CAPACITY AT THE 5 HOUR RATE

1.265 SP. GR.

239

48

CAPACITY AT THE 4 HOUR RATE

1.265 SP. GR.

221

55

CAPACITY AT THE 3 HOUR RATE

1.265 SP. GR.

200

67

CAPACITY AT THE 2 HOUR RATE

1.265 SP. GR.

171

86

CAPACITY AT THE 1 HOUR RATE

1.265 SP. GR.

121

121

Rev. 0

Jan-03

SDSPECS 47

Fuente: Catálogo de baterías ROLLS (ANEXO N° 9)

4.7.2. Cálculo de la capacidad mínima del banco de baterías

$$C_T = (N_D \times E_{elec}) / (P_{D max} \times V_T \times n_{inv} \times n_{rb})$$

Donde:

C_T = Capacidad mínima del banco de baterías, expresada en Ah.

N_D = Número de días de autonomía =2.

E_{elec} = Energía eléctrica total media diaria (Wh/día).

P_{Dmax} = Profundidad máxima de descarga profunda: 0,8.

V_T = Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico elegida por el proyectista.

n_{inv} : eficiencia del inversor

n_{rb} : eficiencia del conjunto regulador batería

$$C_T = (2 \times 358\,650/11) (0,80 \times 48 \times 0,95 \times 0,80)$$

$$C_T = 2\,234,41 \text{ Ah}$$

4.7.3. Comprobación de la capacidad mínima necesaria del banco de baterías

$$C_T < 25x(10I_{sc})$$

Donde:

I_{Gsc} = Intensidad de cortocircuito del generador fotovoltaico.

$$C_T < 25 \times 10(9,27)$$

$$C_T < 2\,317,50 \text{ Ah}$$

4.7.4. Cálculo del número de baterías que deben conectarse en serie

$$N_{S\,bat.} = V_T / V_{bat.}$$

Donde:

$N_{S\,bat.}$ = Número de baterías que deben conectarse en serie.

V_T = Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico (V).

$V_{bat.}$ = Tensión nominal de la batería (V).

$$N_{S\,bat.} = 48 / 12$$

$$N_{S\,bat.} = 4 \text{ batería}$$

4.7.5. Cálculo del número de baterías que deben conectarse en paralelo

$$N_{P\ bat.} = C_T / C_{bat.}$$

Donde:

$N_{P\ bat.}$ = Número de baterías conectados en paralelo.

C_T = Capacidad total del banco de baterías (Ah).

$C_{bat.}$ = Capacidad individual de una batería (Ah).

$$N_{P\ bat.} = 2\ 234,41 / 503$$

$$N_{P\ bat.} = 4,44 = 5 \text{ baterías}$$

Del resultado consideraremos 5 ramas de baterías en paralelo.

4.7.6. Cálculo del número total de baterías

$$N_{TOTAL/grupo} = N_{S\ bat.} \times N_{P\ bat.}$$

$$N_{TOTAL/grupo} = 4 \times 5 = 20 \text{ baterías}$$

$$N_{TOTAL/grupo} = 11 \times 20 = 220 \text{ baterías (20 por grupo)}$$

4.8. Cálculo de la selección de los conductores de la instalación

Se tiene en cuenta la caída de tensión debido a la longitud. La selección del calibre del cable está sujeta a la longitud y de la corriente que pasa en él, con el propósito de reducir las caídas de tensión.

4.8.1. Cálculo de la corriente máxima para el tramo campo fotovoltaico – regulador

$$I_{MAX\ mf} = 1,10 \times I_{CC\ mf} \times N_{ramas\ en\ paral.} \times regulador$$

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.

1,10 = Factor de sobredimensionamiento

$$I_{MAX\ mf} = 1,10 \times 9,27 \times 19$$

$$I_{MAX\ mf} = 193,74\ A$$

4.8.2. Cálculo de la corriente que debe soportar el tramo regulador – batería

$$I_{MAX\ reg} = 1,10 \times I_{sc} \times N_{P\ mf}$$

Donde:

$I_{MAX\ reg}$ = Corriente máxima en el regulador (A).

I_{sc} = Corriente en corto circuito del generador fotovoltaico (A).

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

$$I_{MAX\ reg} = 1,10 \times 9,27 \times 19 = 193,74\ A$$

4.8.3. Cálculo de la corriente que debe soportar el tramo regulador – inversor

$$I_{MAX\ inv} = 1,10 \times P_{inv} / (\sqrt{3} \times V_{MIN\ Tacu} \times \eta_{inv})$$

Donde:

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

P_{inv} = Potencia del inversor en servicio continuo (kW).

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

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

$$I_{MAX inv} = 1.10 \times 50\,000 / (\sqrt{3} \times 380 \times 0,95) = 87,96 \text{ A}$$

Ahora consideraremos las caídas de tensión máximas en cada tramo:

Tabla 9: Caída de tensión por cada tramo de la instalación fotovoltaica⁴⁶

TRAMO	TENSION DEL SISTEMA (V)	CAIDA DE TENSIÓN PERMIBLE (%)	CAIDA DE TENSIÓN PERMITIDA (V)
PANEL SOLAR - REGULADOR	48	3%	1.44
REGULADOR - BATERÍA	48	1%	0.48
REGULADOR - INVERSOR	48	1%	0.48

Fuente: SUNFIELDS EUROPE

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

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V}$$

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].

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

$$S_{CABLE} = 2 \times L \times I_{MAX mf} / (56 \times \Delta V)$$

$$S_{CABLE} = 2 \times 7 \times 193.74 / (56 \times 1,44)$$

$$S_{CABLE} = 33,64 \text{ mm}^2$$

⁴⁶ <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-seccion-de-cable-para-paneles-solares/>

1.1.2. Cálculo de la sección mínima del conductor para el tramo regulador-batería

$$S_{CABLE} = 2 \times L \times I_{MAX\ mf} / (56 \times \Delta V)$$

$$S_{CABLE} = 2 \times 2 \times 193,74 / (56 \times 0,48)$$

$$S_{CABLE} = 28,83 \text{ mm}^2$$

1.1.3. Cálculo de la sección mínima del conductor para el tramo regulador-inversor

$$S_{CABLE} = 2 \times L \times I_{MAX} / (56 \times \Delta V)$$

$$S_{CABLE} = 2 \times 3 \times 87,96 / (56 \times 0,48)$$

$$S_{CABLE} = 19,63 \text{ mm}^2$$

Tabla 10: Características de los conductores NYY DUPLEX - INDECO

CALIBRE N° x mm²	N° HILOS	ESPESOSES		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 10)

Tabla 11: Sección de los conductores eléctricos para cada tramo

TRAMO	TENSION DEL SISTEMA (V)	CORRIENTE ELÉCTRICA (A)	LONGITUD (m)	CAIDA DE TENSION PERMITIDA	SECCIÓN TEÓRICA (mm²)	SECCIÓN SELECCIONADA (mm²)
PANELES - CONTROLADOR	48	193,74	7	1,44	33,64	35
CONTROLADOR BATERIA	48	193,74	2	0,48	28,83	35
CONTROLADOR - INVERSOR	48	87,96	3	0,48	19,63	25

fuelle: Elaboración propia

Seleccionamos el conductor para:

Paneles – Controlador

NYY DUPLEX de: 2-1x35 mm^2

Controlador – Batería

NYY DUPLEX de: 2-1x35 mm^2

Controlador – Inversor

NYY DUPLEX de: 2-1x25 mm^2

1.1.4. Elementos de protección

1.1.4.1. Protección del generador fotovoltaico:

Debido a que 19 ramas de módulos fotovoltaicos van a ser conectados en paralelo es necesario una protección contra corrientes inversas en cada rama, como la caja de conexiones del generador fotovoltaico:

Tabla 12: Característica de los Fusibles

Fusibles serie PF10

	I_n [A]	Modelo	Código	Potencia disipada [W]	Pt Total [A ² s]	Peso [kg]	Embalaje [pcs]
PF10	4	PF10 4A gR	38696	0,69	45	0,01	20
	6	PF10 6A gR	38697	0,95	48	0,01	20
	8	PF10 8A gR	38698	1,43	129	0,01	20
	10	PF10 10A gR	38699	1,62	271	0,01	20
	12	PF10 12A gR	38700	2,16	371	0,01	20
	16	PF10 16A gR	38701	3,18	501	0,01	20
	20	PF10 20A gR	38702	3,82	565	0,01	20

Especificaciones

Modelo	PF10	
Tensión de Uso	U_n	900 V d.c.
Constante de tiempo (L/R)	τ	3 ms
Poder de Corte (RMS)	I_t	30 kA

fuelle: fusiblegR.pdf (ANEXO N°11)

El Calibre de los fusibles se encontrará dentro del rango de:

$$I_F = 1,5 I_{sc} \text{ o } I_f = 2I_{sc}$$

Reemplazando el dato de la corriente de cortocircuito para el módulo fotovoltaico tenemos:

$$I_f = 1,5 \times 9,27A = 13,91 A$$

$$I_f = 2 \times 9,27A = 18,54 A$$

Elegimos cartuchos fusibles de 16 A

$$\text{tensión asignada es de } U_F > 1,2 U_{Goc} = 1,2 \times 91,8 V = 110,16 V$$

modelo: PF10 16A gR

1.1.4.2. Interruptor del generador fotovoltaico

Con la finalidad de poder separar eléctricamente el regulador del generador fotovoltaico se colocará un interruptor de las siguientes características

$$\text{tensión asignada es de } I_n > 19I_{sc} = 19 \times 9,27 A = 176,13 A$$

$$\text{tensión nominal: } U_F > 1,2 U_{Goc} = 92,16 V$$

seleccionamos un interruptor termomagnético de 180 A

1.1.4.3. Protección de la batería de acumuladores

Igualmente, para separar eléctricamente el banco de baterías del regulador se colocará un interruptor de 180 A

1.1.4.4. Protección del inversor

En este caso tratamos con circuitos de alterna y las protecciones son con interruptores termomagnéticos para evitar contactos directos usaremos un interruptor diferencial.

Se pondrá un interruptor automático bipolar y un interruptor diferencial bipolar de 30 mA de sensibilidad que tiene que cumplir las características de salida del inversor:

$$I_{MAX\ carga} = 1,25 \times 60\ 000 / (\sqrt{3} \times 380)$$

$$I_{MAX\ carga} = 113,95\ A$$

seleccionamos un interruptor termomagnético de 120 A

1.1.4.5. Sistema de puesta a tierra

Por razones de seguridad para el usuario, debemos evitar que el cuerpo humano sea conductor y pueda sufrir algún daño fatal.

Se debe conocer el tipo de la puesta a tierra, la sección del Cu en los equipos y en el sistema en general.

La sección mínima de la línea principal de tierra es de 25mm² según el C.N.E.

1.1.4.6. 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 32)

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

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

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

Por lo tanto, con las medidas de los módulos FV que son de 1960x992mm. Y teniendo en cuenta que a cada regulador va conectado.

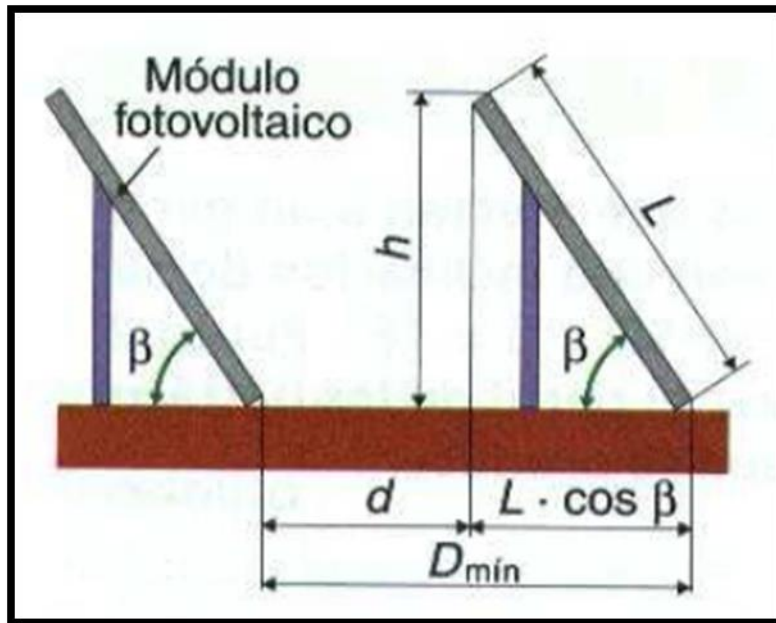


Figura 43: Distancia mínima entre filas de módulos instalados en el mismo plano⁴⁷

$$L = 1\,960 \text{ mm}$$

$$\beta = 10^\circ, \Phi = -6,642^\circ$$

Reemplazando en las formulas anteriores tenemos:

$$h = 340,35 \text{ mm}$$

$$d = 244,04 \text{ mm}$$

$$D = 2\,174,26 \text{ mm}$$

1.2. Diseño del sistema de distribución eléctrica en 380 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

⁴⁷ Agustín Castejón, German Santamaría. *instalaciones solares fotovoltaicas*. España, s.f.

puntos de transformación hasta las acometidas. También se ubican en esta red, los dispositivos del alumbrado público.

En este ítem consideraremos la norma C.N.E. TOMO V - Sistema de distribución – “Capítulo 4: Red de distribución secundaria, ítem 4.1.3. Caída de tensión permisible”.

1.2.1. Cálculos eléctricos

Selección de conductor

El cálculo se realiza con la máxima demanda, en este caso se realizará con el valor de 119 550 W, que es la máxima demanda Comercial a Contratada.

$$I_{\max} = P_{\text{sist}} / (\sqrt{3} \times V_{\text{trif}} \times \cos\phi)$$

Donde:

I_{\max} = Corriente máxima que trabaja el sistema (A).

P_{sist} = Potencia que trabaja el sistema (kW).

V_{trif} = Tensión en corriente alterna con la que trabaja el sistema (V)

$\cos\phi$ = factor de potencia

$$I_{\max} = 119\,550 / (\sqrt{3} \times 380 \times 0,90)$$

$$I_{\max} = 201,82 \text{ A}$$

Tabla 13: Características del conductor NYY TRIPLE - INDECO

CALIBRE N° x mm²	N° HILOS	ESPESORES		DIMENSIONES		PESO (Kg/Km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA	ALTO	ANCHO		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
		mm	mm	mm	mm		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

Fuente: Catálogo de INDECO (ANEXO N°10)

Conductor alimentado seleccionado es:

NYY TRIPLE 3-1x70mm²

Cálculo de caída de tensión

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times (0,0175 \Omega \times \text{mm}^2 \cdot \text{m} \times L) / d$$

Donde:

ΔV = Caída de tensión (V).

I = Intensidad de Corriente del Sistema (A).

L = Longitud del conductor (m)

d = sección del conductor (mm²)

0,0175 = resistividad de conductor de cobre ($\Omega \text{mm}^2 \cdot \text{m}$)

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 201,82 \text{ A} \times (0,0175 \Omega \times \text{mm}^2 \cdot \text{m} \times 212,22 \text{ m}) / 70 \text{ mm}^2$$

$$\Delta V = 18,55 \text{ V}$$

Siendo la caída de tensión 18,55 V (4,88% de 380V)

C.N.E. indica que será de un máximo de 19 V. (5 % de 380 V), cumple el

conductor seleccionado con las normas técnicas.

1.3. Medrado y presupuesto

1.3.1. Medrado y presupuesto del sistema fotovoltaico

Tabla 14: Costo referencial de la instalación fotovoltaica

RESUMEN DEL VALOR REFERENCIAL - CENTRAL FOTOVOLTAICA		
GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA CON ENERGIAS NO CONVENCIONALES PARA EL PARQUE TEMATICO MANUEL ANTONIO MESONES MURO		
RESUMEN GENERAL DE REDES SECUNDARIAS		
ITEM	DESCRIPCION	TOTAL
A	SUMINISTRO DE MATERIALES	1 925 749,16
B	MONTAJE ELECTROMECAÁNICO	96 287,48
C	TRANSPORTE DE MATERIALES	84 687,47
F	TOTAL COSTO DIRECTO (C.D.)(S/.)	2 106 724,55

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15: Costo referencial para el suministro de materiales para el
Sistema Fotovoltaica**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	COSTO UNITARIO S/.	SUB-TOTAL S/.
1	Módulo de Paneles Fotovoltaicos				
	Panel Solar Policristalino 72 celdas TP672P, 330 Wp	Unid.	410	580,75	238 107,50
2	Sistema Regulador				
	Regulador modelo JNDZ 200A	Unid.	11	1 183,00	13 013,00
3	Sistema de Almacenamiento				
	Batería Plomo ácido 12 V 503 Ah ROLLS 12 CS 11 PS	Unid.	220	4 324,71	951 436,55
4	Inversor de Corriente				
	Inversor ABB TRIO-TM-50.0-400	Unid.	3	211 404,33	634 212,99
5	Estructura del Sistema Fotovoltaico				
	Estructura Metálica de Soporte de 10 módulos	GLB	41	1 926,32	78 979,12
6	Equipamiento Adicional				
	Accesorios del Sistema Fotovoltaico	GLB	1	10 000,00	10 000,00
	TOTAL				1 925 749,16

Fuente: Elaboración Propia

5. Conclusiones

- a) Se determinó que el consumo de energía diaria total del parque es 358,65 kWh/día y una potencia de 80,23 kW teniendo en cuenta un periodo de tiempo de utilización de cada equipo instalado en el parque.
- b) Los datos de radiación solar promedio mensual obtenidos de la página de la NASA, del atlas del SENAMHI y del software SOLARIUS PLUS, en donde se consideró el nivel de radiación solar más bajo 4,47 kWh/m²/día.
- c) La instalación fotovoltaica estará compuesta por 410 paneles fotovoltaicos de 330 Wp de potencia cada uno, 220 baterías de acumuladores, 11 reguladores de carga y 3 inversores. Dando una potencia instalada del sistema de captación de energía de 135,30 kWp. En el ANEXO N°5, se muestra el equipamiento de la instalación fotovoltaica en un plano.
- d) Se diseñó el sistema de distribución en baja tensión en 380 V, en el ANEXO 05, se muestra el plano.
- e) Se presupuestó el sistema del sistema generación y distribución llegando a un total de: S/. 2 106 724,55.

V. ASPECTO ADMINISTRATIVO

1. Cronograma de Actividades

ITEM	ACTIVIDADES	MAYO		JUNIO				JULIO				AGOSTO				SETIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE	
		3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
1	FASE DE PLANTEAMIENTO																								
1.1	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	X	X																						
1.2	VISITAS TÉCNICAS	X	X																						
1.3	VISITAS TÉCNICAS Y CONSTATAción DE PLANOS			X	X																				
2	FASE DE EJECUCIÓN																								
2.1	RECOLECCIÓN DE DATOS			X	X	X	X																		
2.2	REGISTRO DE DATOS					X	X	X	X																
2.3	CÁLCULOS Y RESULTADOS							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
3	FASE DE COMUNICACIÓN																								
3.1	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN												X	X	X	X									
3.2	ELABORACIÓN DEL TRABAJO DE TESIS														X	X	X	X	X	X	X	X			
3.3	PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE TESIS																				X	X	X	X	

2. Presupuesto

PRESUPUESTO		
BIENES	COSTO	TOTAL
1.- Material de Escritorio		S/. 40,00
01 cuaderno y libreta de apuntes	S/. 8,00	
02 Lapiceros, 06 plumones y 12 fólderes	S/. 20,00	
01 ciento de hojas de papel bond	S/. 10,00	
04 pliegos de papelote cuadriculado	S/. 2,00	
2.-Material para Procesamiento de datos		S/. 80,00
02 memorias USB	S/. 70,00	
04 CD's	S/. 10,00	
3.- Material fotográfico		S/. 450,00
01 cámara fotográfica	S/. 450,00	
SERVICIOS	COSTO	TOTAL
1.- Pasajes y subvenciones		S/. 700,00
Estadía en el lugar durante 10 días para estudio de campo	S/. 550,00	
Pasaje al lugar del estudio	S/. 150,00	
2.- Publicaciones		S/. 550,00
Publicación del Informe Final	S/. 450,00	
3.- Otros	S/. 100,00	
TOTAL		S/. 1 820,00

3. Financiamiento

El siguiente trabajo de investigación será autofinanciado con recursos propios del autor, llegando a un monto aproximado de

S/. 1 820,00.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agustin Castejon, G. S. (s.f.). *instalaciones solares fotovoltaicas*. España.
- Cerdán Cabrera, A. M. (2011). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR-EÓLICO PARA CONSUMO DE AGUA EN CABAÑAS ECOTURÍSTICAS EN LA PITAYA, VERACRUZ, MÉXICO*. Andalucía.
- Chona Suares, R. A., & Robles Cervantes, J. M. (2013). *DISEÑO EXPERIMENTAL DE UN SISTEMA DE PANEL SOLAR PEQUEÑA ESCALA UBICADO EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA*. Barranquilla Atlantico.
- Diaz Corcobado, T. (2008). *INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICOS*. México.
- Energy, L. (s.f.). *MANUAL PRACTICO ENERGIA EOLICA*. Madrid.
- Guerra Baeza, L. D. (2013). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO/ECONÓMICA DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA ESCUELAS DE QUINCHAO*. Santiago de Chile.
- MINEM. (2011). *CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD SUMINISTRO 2011*. Lima.
- Muñoz Anticona, D. F. (2005). *APLICACION DE LA ENERGIA SOLAR PARA ELECTRIFICACION RURAL EN ZONAS MARGINALES DEL PAIS*. Lima.
- SENAMHI. (2003). *Atlas de energía solar del Perú*.
- Valdiviezo Salas, P. D. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energia electrica a 15 computadoras portatiles en la PUCP*. Lima.
- Velásquez Cárcamo, R. A. (2010). *ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO DE GENERADOR EOLICO PARA EL SECTOR COSTERO DE LA XIV REGIÓN, EN CORRAL. VALDIVIA*.
- Velasquez Cespedes, R. A. (2012). *PROYECTO DE INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA DE LA UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CHILE*. Santiago de Chile.

VII. ANEXO

ANEXO N°1: Cuadro de Cargas del Expediente Técnico

“MEJORAMIENTO DEL PARQUE PRINCIPAL DEL CERCADO DE MANUEL ANTONIO MESONES MURO, DISTRITO DE MANUEL ANTONIO MESONES MURO – FERRENAFE – LAMBAYEQUE”

Tabla 16: Cuadro de cargas Parque Manuel A. Mesones Muro

OBRA: "MEJORAMIENTO DEL PARQUE PRINCIPAL DEL CERCADO DE MANUEL ANTONIO MESONES MURO - PROVINCIA DE FERREÑAFE - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"							
CUADRO DE CARGAS							
ITEM	CIRCUITOS DEL TABLERO PRINCIPAL	CANTIDAD	CARGA (HP)	CARGA (KW)	POTENCIA (KW)	fd	MAX. DEM. (KW)
1	POSTE METALICO CON 02 LUMINARIAS TIPO FAROLA ESFERICA C/LAMPARA DE VAPOR DE SODIO 70W	132	0	0.080	10.56	0.50	5.28
2	POSTE METALICO CON 03 LUMINARIAS TIPO FAROLA ESFERICA C/LAMPARA DE VAPOR DE SODIO 70W	24	0	0.080	1.92	0.50	0.96
3	LUMINARIA SUMERGIBLE LED	24	0	0.045	1.08	0.50	0.54
4	REFLECTORES DE PISO LED	12	0	0.045	0.54	0.50	0.27
5	LUMINARIA DE PISO LED	6	0	0.045	0.27	0.50	0.14
6	TOMACORRIENTE PARA LA PERGOLA	12	0	0.100	1.20	0.50	0.60
7	BOMBA CENTRIFUGA DE 10 HP	15	10	0.000	112.50	0.70	78.75
8	BOMBA CENTRIFUGA DE 2 HP	1	2	0.000	1.50	0.70	1.05
9	BOMBA SUMERGIBLE DE 3 HP	9	3	0.000	20.25	0.70	14.18
10	BOMBA SUMERGIBLE DE 3.3 HP	1	3.3	0.000	2.48	0.70	1.74
11	BOMBA SUMERGIBLE DE 4 HP	1	4	0.000	3.00	0.70	2.10
12	RESERVA	1	0	2.000	2.00	1.00	2.00
TOTAL					157.30		107.60

Luego Se tiene que :

a) Potencia Instalada de los equipos **157.30 KW**

b) Máxima Demanda: **107.60 KW**

c) Máxima Demanda Comercial a contratar: **119.55 KVA**

PARA ALIMENTAR DE ENERGIA ELECTRICA AL PARQUE SE UTILIZARA UN TRANSFORMADOR DE 160KVA

Expediente técnico “Mejoramiento Parque Principal Manuel Antonio

Mesones Muro”

ANEXO N°2: NASA el POWER Data Access Viewer

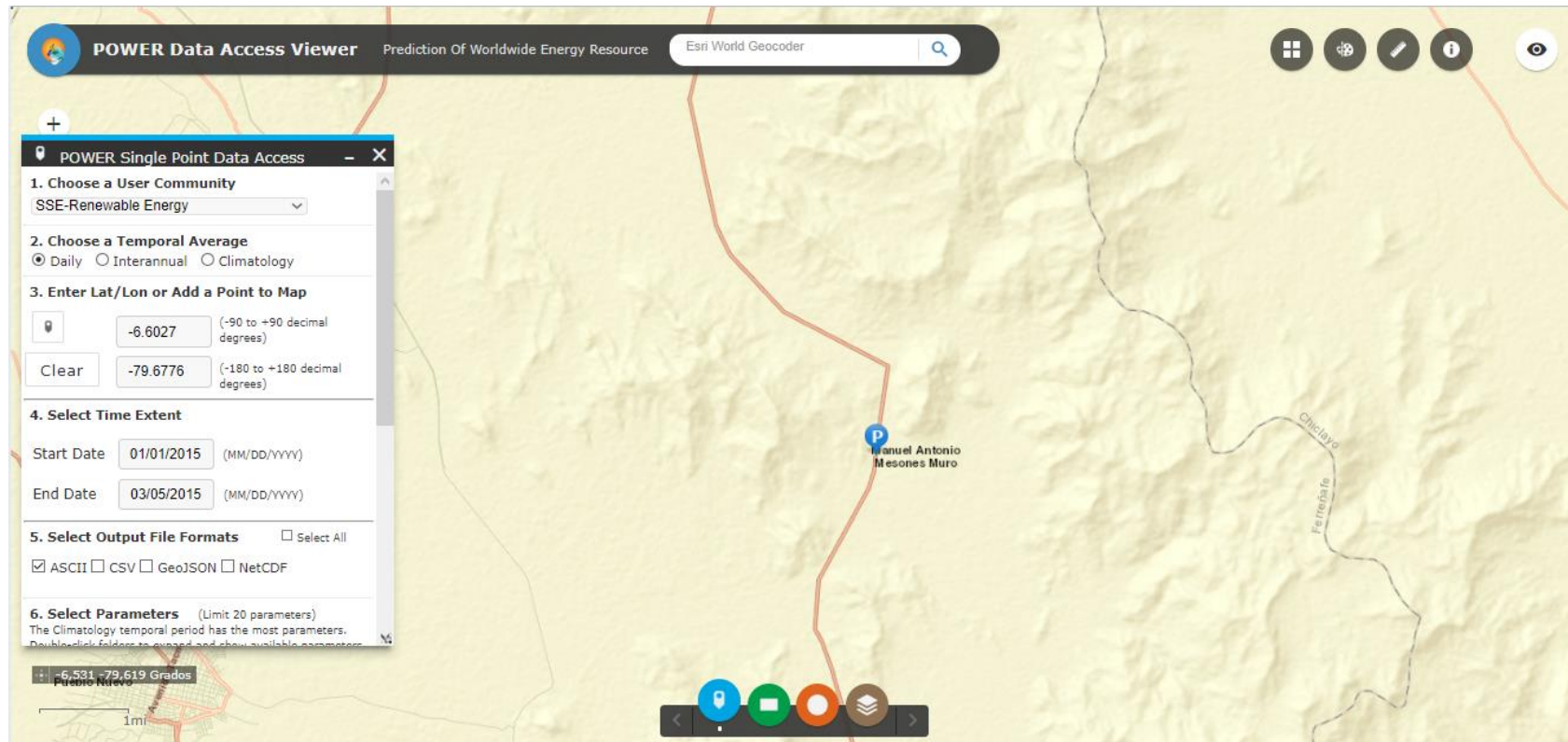


Figura 44: Página de POWER Data Access Viewer

ANEXO N°3: Resultados de la Radiación Solar de POWER Data Access Viewer

```

-BEGIN HEADER-
NASA/POWER SRB/FLASHFlux/MERRA2/ 0.5 x 0.5 Degree Climatologies
22-year Additional Solar Parameter Monthly & Annual Climatologies (July 1983 - June 2005), 30-year Meteorological and Solar Monthly & Annual Climatologies (January 1984 - December 2013)
Location: Latitude -6.6458 Longitude -79.7361
Elevation from MERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 452.94 meters Site = na
Climate zone: na (reference Briggs et al: http://www.energycodes.gov)
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999
Parameter(s):
DNR SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Direct Normal Radiation (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance for Equator Facing Tilted Surfaces (Set of Surfaces) (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_OPTIMAL SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Optimal (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_OPTIMAL_ANG SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Optimal Angle (Degrees)
SI_EF_TILTED_ANG_ORI SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Tilted Surface Orientation (N/S Orientation)
Note(s):
Northward facing tilted surfaces are designated negative (-)
PARAMETER JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC ANN
-END HEADER-
DNR 5.12 4.62 5.20 5.00 4.87 4.49 4.34 4.49 5.03 5.33 5.58 5.53 4.97
SI_EF_TILTED_SURFACE_NEG9 3.30 2.60 2.41 3.15 3.66 3.70 3.54 3.23 2.73 2.57 3.21 3.54 3.14
SI_EF_TILTED_SURFACE_0 5.60 5.23 5.76 5.32 4.84 4.42 4.44 4.86 5.52 5.87 5.88 5.77 5.29
SI_EF_TILTED_SURFACE_21 5.71 5.16 5.56 5.48 5.27 4.94 4.88 5.12 5.47 5.71 5.95 5.95 5.43
SI_EF_TILTED_SURFACE_6 5.69 5.26 5.76 5.42 5.01 4.62 4.61 4.98 5.56 5.88 5.96 5.88 5.39
SI_EF_TILTED_SURFACE_90 2.84 2.16 1.84 2.63 3.18 3.28 3.12 2.76 2.19 2.01 2.70 3.05 2.65
SI_EF_OPTIMAL 5.73 5.26 5.77 5.49 5.30 5.01 4.93 5.12 5.56 5.88 5.99 5.96 5.50
SI_EF_OPTIMAL_ANG 15.00 7.00 -3.00 -17.00 -28.00 -33.00 -30.00 -21.00 -9.00 5.00 13.00 17.00 -7.00
SI_EF_TILTED_ANG_ORI S S N N N N N N N S S S N

```

Figura 45: Promedios de la Radiación Solar de hace 30 años

ANEXO N°4: Resultados de la Velocidad del Viento de POWER Data Access Viewer

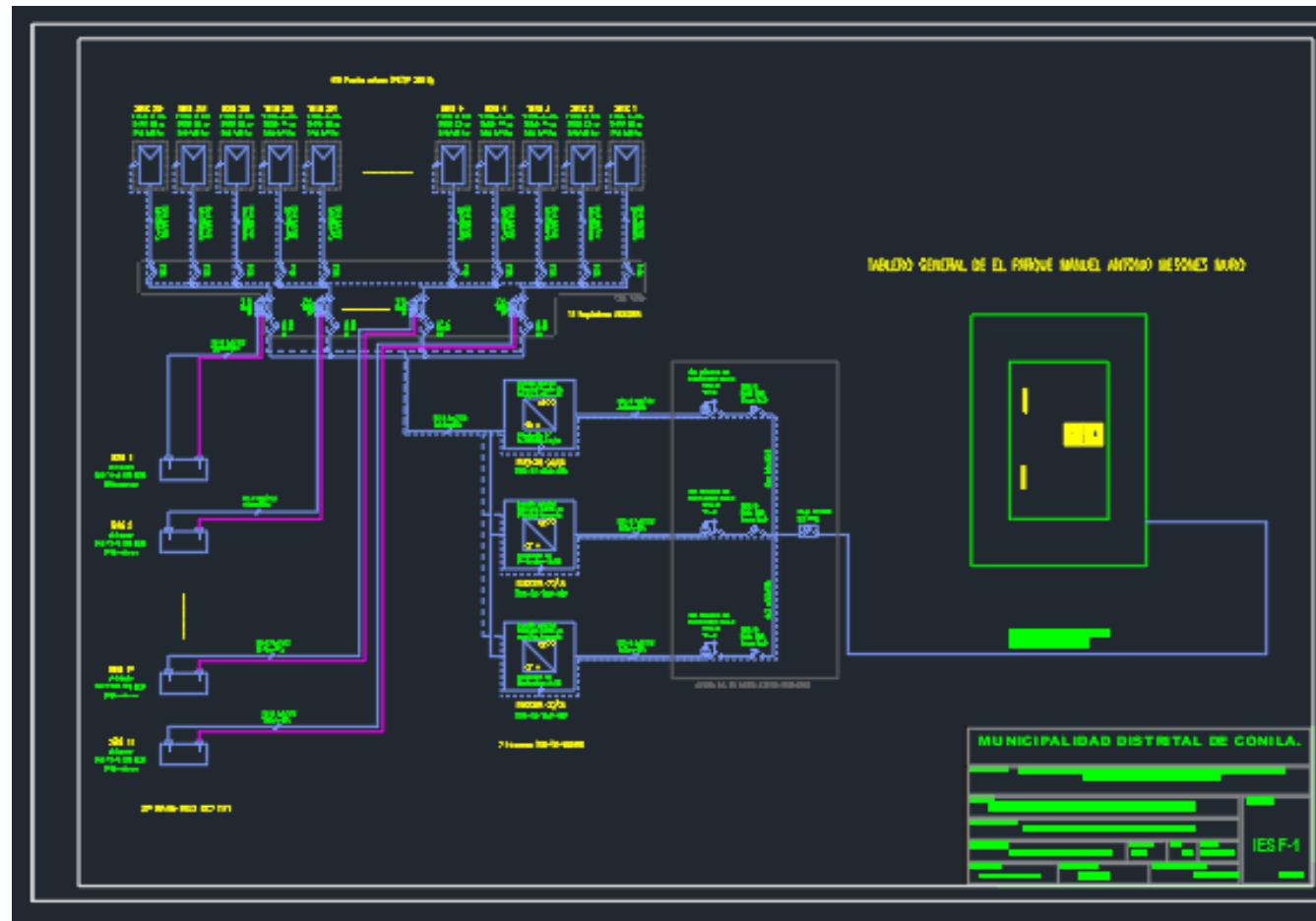
```

-BEGIN HEADER-
NASA/POWER SRB/FLASHFlux/MERRA2/ 0.5 x 0.5 Degree Climatologies
22-year Additional Solar Parameter Monthly & Annual Climatologies (July 1983 - June 2005), 30-year Meteorological and Solar Monthly & Annual Climatologies (January 1984 - December 2013)
Location: Latitude -6.6461 Longitude -79.736
Elevation from MERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 452.94 meters Site = na
Climate zone: na (reference Briggs et al: http://www.energycodes.gov)
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999
Parameter(s):
WS10M MERRA2 1/2x1/2 Wind Speed at 10 Meters (m/s)
WS50M MERRA2 1/2x1/2 Wind Speed at 50 Meters (m/s)
PARAMETER      JAN      FEB      MAR      APR      MAY      JUN      JUL      AUG      SEP      OCT      NOV      DEC      ANN
-END HEADER-
WS10M           3.26      3.14      3.10      3.39      3.66      3.74      3.83      3.92      3.94      3.74      3.56      3.42      3.56
WS50M           3.78      3.56      3.58      4.05      4.42      4.54      4.58      4.58      4.56      4.31      4.12      3.99      4.17

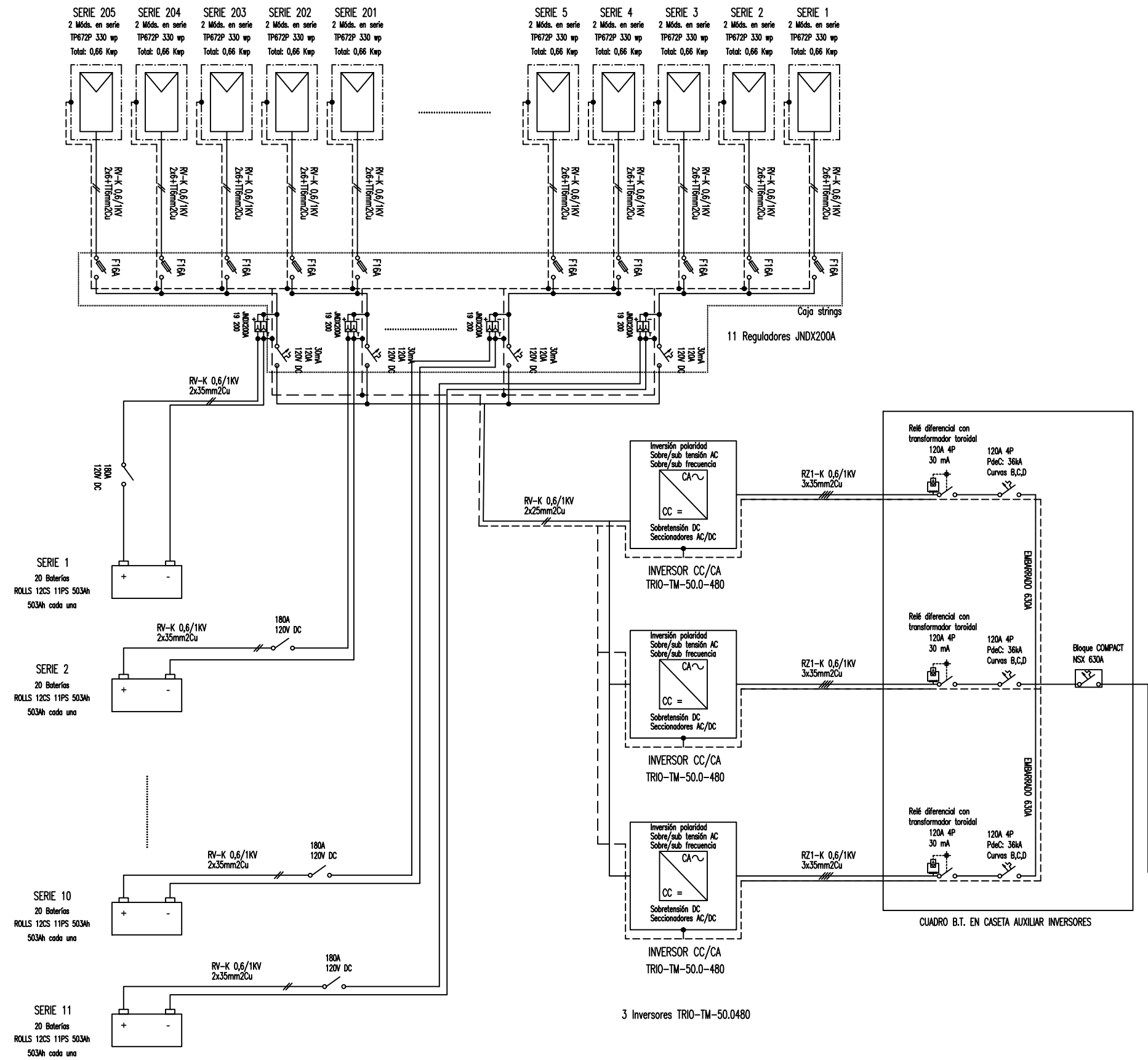
```

Figura 46: Promedio de la velocidad del viento en 30 años

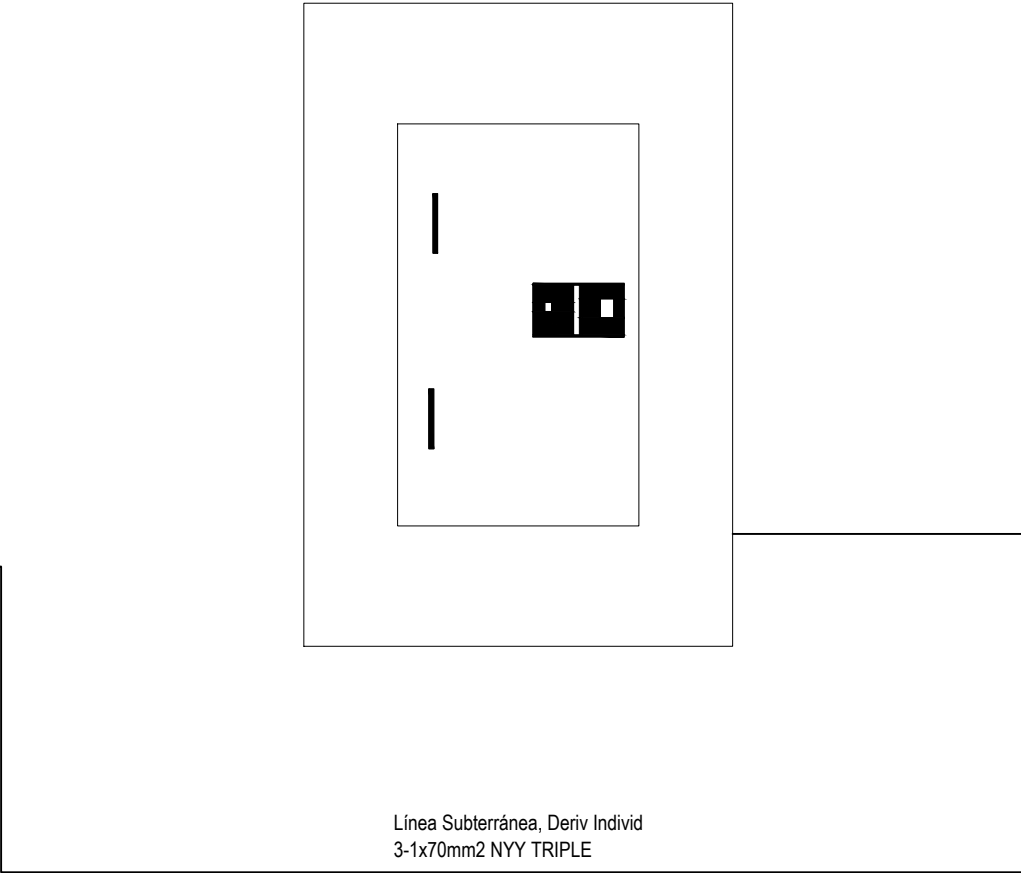
ANEXO N°5: Diagrama Unifilar del Sistema Fotovoltaico



410 Paneles solares TP672P 330 Wp



TABLERO GENERAL DE EL PARQUE MANUEL ANTONIO MESONES MURO



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MANUEL ANTONIO MESONES MURO.

PROYECTO: "GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA CON ENERGIAS NO CONVENCIONANLES PARA EL PARQUE MANUEL ANTONIO MESONES MURO".

PLANO: **INSTALACIONES DE SISTEMA FOTOVOLTAICO**

LÁMINA:

PROYECTISTA: BACH. CARLO FRANCISCO JESÚS PISCOYA QUEVEDO

UBICACIÓN: MANUEL ANTONIO MESONES MURO - FERREÑAFE

GRAFICA: IESFV

ESC: 1:50

FECHA: DICIEMBRE 2019

DISTRITO: MANUEL ANTONIO MESONES MURO

PROVINCIA: FERREÑAFE

DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE

IESF-1

ANEXO N°6: Ficha Técnica del Panel Solar TALESUN modelo TP672P

TP672P

Polycrystalline Solar Module
72 Cell Series



KEY FEATURES

330W

Highest power output

10 years

Material & workmanship warranty

PID Free

Certified by TUV Rheinland

25 years

Linear power output warranty

- * Positive power tolerance: 0~+3%
- * Robust design: Certified to withstand up to 2400 Pa wind load and up to 5400 Pa snow load
- * Proved high reliability built on dozens of projects
- * Four busbar cell: Improve the efficiency of modules

QUALITY WARRANTY

TALESUN guarantees that defects will not appear in materials and workmanship defined by IEC61215, IEC61730 and UL1703 under normal installation, use and maintenance as specified in Talesun's installation manual for 10 years from the warranty starting date.



ABOUT TALESUN

Suzhou Talesun Solar Technologies Co., Ltd. is one of the world's largest integrated PV manufacturers. Its standard and high-efficiency product offerings are among the most powerful and cost-effective in the industry. With over 6 GW of modules installed globally, we are a leading solar energy company built upon proven product reliability and sustainable performance.



PERFORMANCE WARRANTY

Polycrystalline Solar Cell Modules

- During the first year, TALESUN guarantees the nominal power output of the product will be no less than 97.5% of the labeled power output.
- From year 2 to year 24, the nominal power decline will be no more than 0.7% in each year; by the end of year 25, the nominal power output will be no less than 80.7% of the labeled power output.

ELECTRICAL PARAMETERS

Performance at STC (Power Tolerance 0 - +3%)				
Maximum Power (Pmax/W)	315	320	325	330
Operating Voltage (Vmpp/V)	36.8	37.1	37.4	37.7
Operating Current (Impp/A)	8.56	8.63	8.70	8.76
Open-Circuit Voltage (Voc/V)	45.2	45.5	45.7	45.9
Short-Circuit Current (Isc/A)	9.11	9.16	9.22	9.27
Module Efficiency $\eta_m(\%)$	16.2	16.5	16.7	17.0
Performance at NOCT				
Maximum Power (Pmax/W)	232	236	240	243
Operating Voltage (Vmpp/V)	33.8	34.1	34.4	34.6
Operating Current (Impp/A)	6.86	6.92	6.98	7.04
Open-Circuit Voltage (Voc/V)	41.7	42.0	42.2	42.3
Short-Circuit Current (Isc/A)	7.38	7.42	7.46	7.51

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5 *NOCT: 800W/m², 20°C, AM 1.5, Wind Speed: 1m/s

MECHANICAL SPECIFICATION

Cell Type	Poly Crystalline
Cell Dimensions	156.75*156.75mm(6inch)
Cell Arrangement	72(6*12)
Weight	22kg(48.5lbs)
Module Dimensions	1960*992*40mm(77.17*39.06*1.57inch)
Cable Length	1200mm(47.24inch)
Cable Cross Section Size	4mm ² (0.006sq.in)
Front Glass	3.2mm High Transmission, Tempered Glass
No. of Bypass Diodes	3/6
Packing Configuration (1)	27pcs/Pallet, 648pcs/40hq
Packing Configuration (2)	27pcs+4pcs/Pallet, 696pcs/40hq
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP65/IP67

OPERATING CONDITIONS

Maximum System Voltage	1000V(DC)(IEC)
Operating Temp.	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse	15A
Static Loading	5400Pa
Conductivity at Ground	≤ 0.1Ω
Safety Class	II
Resistance	≥ 100MΩ
Connector	MC4 Compatible

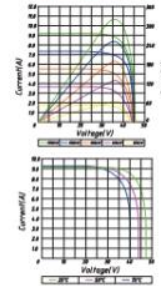
SUZHOU TALESUN SOLAR TECHNOLOGIES CO., LTD.

Email: sales@talsun.com Web: www.talsun.com Tel: +86 400 885 1098

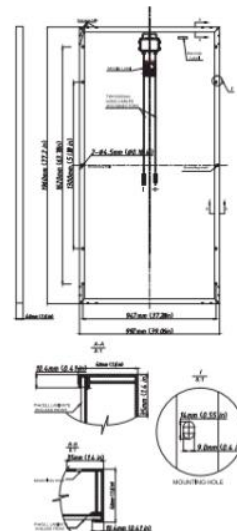
TEMPERATURE COEFFICIENT

Temperature Coefficient Pmax	-0.40%/°C
Temperature Coefficient Voc	-0.31%/°C
Temperature Coefficient Isc	+0.06%/°C
NOCT	45±2°C

I-V CURVE TP672P Pm(W)320



TECHNICAL DRAWINGS



Specifications subject to technical changes without notices. Talesun Solar Rev. 2017.7

ANEXO N°7: Ficha Técnica del Regulador modelo modelo JNDX200A

JNDX -*200**

—New type of solar power controller

Regular technical parameters

Rated system voltage	___VDC
Rated charge current	200A
Rated discharge current	NO
Solar panel maximum input voltage①	___VDC
Solar panel maximum input power	___W

①Maximum input voltage, is refers to the applications at the lowest temperature under the condition of solar panel modules of open circuit voltage (VOC), namely the VOC values should be less than or equal to the provisions of the solar panel maximum input voltage value.

I. Important Safety Information

Please keep this manual for later use.
This manual contains the JNDS solar controller all safety, installation and operating instructions.
Following icon manual runs through the whole manual, indicating an action may be potentially dangerous situation, or important safety operation steps, come across these ICONS, must pay attention to.

General Safety Information

- Prior to installation, please read all the instructions in the manual and matters needing attention.
- JNDS series controller, no need of maintenance or repair parts, users don't disassembly and maintenance the controller itself.
- Disconnect the solar module and fuse/breaker near to battery before installing or adjusting the controller.
- Install external fuses/breakers as required.
- Prevent any liquid from splattering on controller. Do not clean the controller with wet cloth.

Warning: Indicates have potentially dangerous, take extra care when performing this task.

Warning: Indicates the controller safe and correct operation of a key program.

Note: this step or function is very important for the controller's safe and proper operation

- Confirm that power connections are tightened to avoid excessive heating from loose connection.
- Keep controller away from electrical heater, warmer and avoid controller under sunlight.

II. Basic information

2.1 General Description

Thank you for choosing JNDS power station controller. our company production of a new generation of JNDS series controller is a according to the latest technology development, represents the latest photovoltaic technology development level of products, this product has many excellent performance:

- Excellent thermal design and air cooling control.
- High efficient PWM charging ways.
- Variety of load control method, enhanced the flexibility of the system
- Battery charging parameters can be set up.
- Any combination of photovoltaic module and storage battery reverse automatic protection function, no damage to any device.
- Adopt traditional LCD liquid crystal display and keyboard design, convenient to view the running parameters of the controller.

Electrical parameter	parameter									
rated system voltage	DC 240V	DC 220V	DC 216V	DC 192V	DC 120V	DC 110V	DC 96V	DC 48V	DC 24V	
Rated charge current	200A	200A	200A	200A	200A	200A	200A	200A	200A	
The maximum allowable voltage	DC 320V	DC 293V	DC 288V	DC 256V	DC 160V	DC 147V	DC 128V	DC 64V	DC 32V	
Max input voltage	DC 450V	DC 430V	DC 430V	DC 400V	DC 250V	DC 230V	DC 200V	DC 100V	DC 50V	
Min input voltage	DC 300V	DC 275V	DC 270V	DC 240V	DC 150V	DC 138V	DC 120V	DC 60V	DC 30V	
Max input power (W)	48000	44000	43200	38400	24000	22000	19200	9600W	4800W	
Static loss	<0.2A									
Charge loop drop	≤0.5V									
Discharge circuit of pressure drop	≤0.3V									

Battery voltage parameters (Temperature: 25℃) 8-2

controls parameter										
Over voltage switching off	320V	294V	288V	256V	160V	147V	128V	64V	32V	
Limited charge voltage	300V	275V	270V	240V	150V	138V	120V	60V	30V	
Over voltage Recover	294V	270V	265V	235V	147V	135V	118V	59V	29.5V	
Average voltage	290V	266V	261V	232V	145V	133V	116V	58V	29V	
Boost voltage	276V	253V	248V	221V	138V	127V	110V	55.2V	27.6V	
Float voltage	250V	229V	225V	200V	125V	115V	100V	50V	25V	

Under voltage recovery	216V	198V	194V	173V	108V	99V	87V	42.2V	21.8V
Under voltage disconnect	---								
Duration of equilibrium	2 hours								

Note: The table 8-2 can be set up on behalf of this keypad and LCD Settings, all parameters can be set through the communications software

Environmental parameter 8-3

Environmental parameter	parameter
Work temperature	-35℃ ~ +55℃
Store Temperature	-35℃ ~ +80℃
Temperature Range	10%-90%No condensation
Protection level	IP30
Using altitude	≤3000m

Mechanical parameter 8-4

Dimension	355*273*142 (mm)
Hole Size	295mm x 353mm
Hole size	Φ7
Terminal	24mm ²
Net weight	7.1kg
Dimension	355*273*142 (mm)

Dimension (mm)

ANEXO N°8: Ficha Técnica del Inversor TRIO-TM-50.0-480



SOLAR INVERTERS

ABB string inverters

TRIO-TM-50.0-400/TRIO-TM-60.0-480
50 to 60 kW



—
TRIO-TM-50.0/60.0
outdoor string inverter

This new addition to the TRIO family, with 3 independent MPPT and power ratings of up to 60 kW (480 V version), has been designed with the objective to maximize the ROI in large systems with all the advantages of a decentralized configuration for both rooftop and ground-mounted installations.

Modular design

The TRIO-TM-50.0/60.0 has a modular design to guarantee maximum flexibility, thanks to the different versions available.

The separate and configurable AC and DC compartments increase the ease of installation and maintenance with their ability to remain separately wired from the inverter module inside the system.

The TRIO comes with the most complete wiring box configurations available including up to 15 DC inputs with fast connectors, string protection fuses, AC and DC switches and type II AC and DC surge arresters.

Design flexibility

The double stage conversion topology offers the advantage of a wide input voltage range for maximum flexibility of system design.

The TRIO-TM comes with a forced air cooling system, used also in the previous TRIO products, designed for a simple and fast maintenance, allowing a maximum flexibility of plant design. The inverter comes with mounting supports for both horizontal and vertical installations, which allow for the best use of space available beneath the solar panels.

Embedded multi communication interfaces (WLAN,

The TRIO-TM-50.0/60.0 is ABB's latest three-phase string solution for cost efficient large decentralized photovoltaic systems for both commercial and utility applications.

Ethernet, RS485) combined with a Sunspec compliant Modbus protocol (RTU/TCP) allow the inverter to be easily integrated with any third party monitoring and control systems.

Improved commissioning and maintenance

Thanks to the build-in Web User Interface (WUI) the installer can commission the inverter wirelessly and change advanced parameters by using any standard WLAN enabled device (smartphone, tablet or PC). Integrated logging capability allows remote monitoring of the plant without the need of any additional external loggers.

Remote firmware update of the inverter system and components via Aurora Vision*.

Highlights

- 3 Independent MPPT
- Transformerless inverter
- Double stage topology for a wide input range
- Large set of specific grid codes available which can be selected directly in the field
- Separate AC and DC compartments are available in different configurations
- Both vertical and horizontal installation
- 2 available sizes, 50 and 60 kW with 400 and 480 Vac of output voltage, respectively
- Wireless access to embedded user interfaces
- Ethernet daisy chain enabled
- Modbus TPC/RTU Sunspec compliant
- Remote monitoring and firmware update via Aurora Vision* (logger free)
- Lifetime free of charge access to Aurora Vision

ABB string inverters

TRIO-TM-50.0-400

TRIO-TM-60.0-480

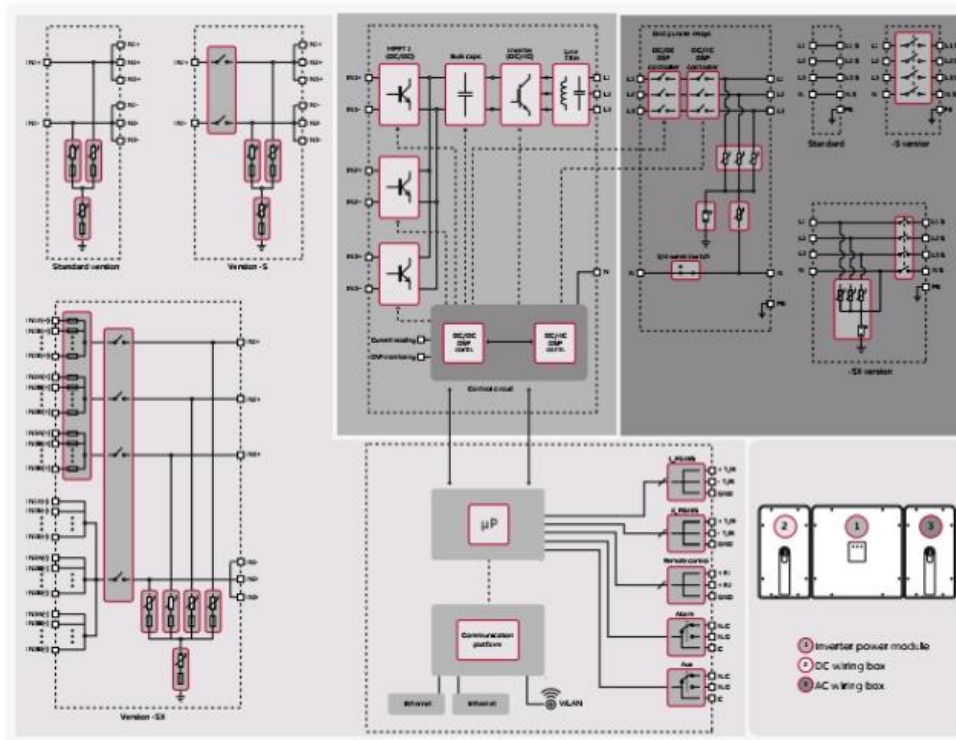
50 to 60 kW



Technical data and types

Type code	TRIO-TM-50.0-400	TRIO-TM-60.0-480
Input side		
Absolute maximum DC input voltage ($V_{max,dc}$)	1000 V	
Start-up DC input voltage (V_{start})	420...700 V (Default 420 V)	420...700 V (Default 500 V)
Operating DC input voltage range ($V_{min,dc}...V_{max,dc}$)	0,7xV _{start} ...950 V (min 300 V)	0,7xV _{start} ...950 V (min 360 V)
Rated DC input voltage (V_{dc})	610 Vdc	720 Vdc
Rated DC input power (P_{dc})	52000 W	61800 W
Number of independent MPPT	3 (SX and SX2 version) / 1 (standard and S version)	
Number of MPPT in parallel mode	1	
Maximum DC input power for each MPPT ($P_{mppt,dc}$)	17500 W	21000 W
MPPT input DC voltage range ($V_{min,dc}...V_{max,dc}$) at $P_{mppt,dc}$	480-800 Vdc	570-800 Vdc
Maximum DC input current ($I_{lim,dc}$) for each MPPT	36 A	
Maximum input short circuit current for each MPPT	55 A (165 A in case of parallel MPPT)	
Number of DC input pairs for each MPPT	5	
DC connection type	Screw terminal block (Standard and -S version) or PV quick fit connector ²⁾ (-SX and SX2 version)	
Input protection		
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source	
Input over voltage protection for each MPPT - varistor	Yes, 1 for each MPPT	
Input over voltage protection for each MPPT - plug-in modular surge arrester	Type 2 (option) with monitoring	
Photovoltaic array isolation control	According to local standard	
DC switch rating for each MPPT (version with DC switch)	60 A / 1000 V for each MPPT (160 A in case of parallel MPPT)	
Fuse rating (version with fuses)	15 A / 1000 V	
Output side		
AC grid connection type	Three-phase (3W+PE or 4W+PE)	
Rated AC power (P_{ac} @cosφ=1)	50000 W	60000 W
Maximum AC output power ($P_{max,ac}$ @cosφ=1)	50000 W	60000 W
Maximum apparent power (S_{max})	50000 VA	60000 VA
Rated AC grid voltage (V_{ac})	400 V	480 V
AC voltage range	320...480 V ³⁾	384...571 V ³⁾
Maximum AC output current ($I_{ac,max}$)	77 A	
Contributory fault current	92 A	
Rated output frequency (f)	50 Hz / 60 Hz	
Output frequency range ($f_{min}...f_{max}$)	47...53 Hz / 57...63 Hz ⁴⁾	
Nominal power factor and adjustable range	> 0.95; 0...1 inductive/capacitive with maximum S_{max}	
Total current harmonic distortion	<3%	
AC connection type	Screw terminal block, cable gland	
Output protection		
Anti-islanding protection	According to local standard	
Maximum external AC overcurrent protection	100 A	
Output overvoltage protection - varistor	Yes	
Output overvoltage protection - plug-in modular surge arrester	Type 2 (option) with monitoring	
Operating performance		
Maximum efficiency (η _{max})	98.3%	98.5%
Weighted efficiency (EURO)	98.0% / -	98.0% / -
Communication		
Embedded communication interfaces	2x RS485, 2x Ethernet (RJ45), WLAN (IEEE802.11 b/g/n @ 2,4 GHz)	
Communication protocols	Modbus RTU / TCP (SunSpec compliant); Aurora Protocol	
Remote monitoring services	Standard level access to Aurora Vision monitoring portal	
Advanced features	Integrated Web User interface, Display (option); Embedded logging and direct transferring of data to Cloud	
Environmental		
Ambient temperature range	-25...+60°C (-13...140 °F) with derating above 45 °C (113 °F)	
Relative humidity	4%... 100% condensing	
Sound pressure level, typical	75 dB(A) @ 1 m	
Maximum operating altitude	2000m / 6561ft	
Physical		
Environmental protection rating	IP65 (IP54 for cooling section)	
Cooling	Forced air	
Dimension (H x W x D)	725 mm x 1491 mm x 315 mm / 28.5" x 58.7" x 12.4"	
Weight	95 kg / 209 lbs overall, 66 kg / 145 lbs electronic compartment, 15 kg / 33 lbs AC wiring box (full optional), 14kg / 31 lbs DC wiring box (full optional)	
Mounting system	Wall bracket, horizontal support	

ABB TRIO-TM-50.0-400 / TRIO-TM-60.0-480 string inverter block diagram



Technical data and types

Type code	TRIO-TM-50.0-400	TRIO-TM-60.0-480
Safety	Transformerless	
Isolation level	CE	
Marking	IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12	
Safety and EMC standard	CEI 0-21, CEI 0-16, DIN V VDE V 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, G59/3, EN 50438 (not for all national appendices), RD 1699, RD 413, RD 661, P.O. 12.3, AS 4777, BDEW, NRS-097-2-3, IAEA, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683, VFR-2014, IEC 62116	
Grid standard (check your sales channel for availability)		
Available product variants		
Inverter power module	TRIO-TM-50.0-400-POWER MODULE	TRIO-TM-60.0-480-POWER MODULE
DC wiring box options ^a		
Input connections with terminal blocks	DCWB-TRIO-TM-50.0-400	DCWB-TRIO-TM-60.0-480
Input connections with terminal blocks + DC switch	DCWB-S-TRIO-TM-50.0-400	DCWB-S-TRIO-TM-60.0-480
15 quick input connections + fuses (single pole) + DC switch ^a	DCWB-SX-TRIO-TM-50.0-400	DCWB-SX-TRIO-TM-60.0-480
15 quick input connections + fuses (both poles) + DC switch ^a	DCWB-SX2-TRIO-TM-50.0-400	DCWB-SX2-TRIO-TM-60.0-480
AC wiring box options		
AC output connections with terminal blocks	ACWB-TRIO-TM-50.0	ACWB-TRIO-TM-60.0
AC output connections with terminal blocks + AC switch ^a	ACWB-SX-TRIO-TM-50.0	ACWB-SX-TRIO-TM-60.0
Optional available		
TRIO-GROUNDING-KIT	Available	Available
TRIO-AC-WIRING-KIT	Available	Available

^a The AC voltage range may vary depending on specific country grid standards
^a The frequency range may vary depending on specific country grid standards
^a Please refer to the document "String Inverters - Product manual appendix" available at www.abb.com/solarinverters for information on the quick-fit connector brand and model used in the inverter

^a DCWB with display is available as optional, with dedicated wiring box version
^a Type 2 surge arresters available as optional, with dedicated wiring box version
 Remark: Features not specifically listed in the present data sheet are not included in the product

ANEXO N°9: Ficha Técnica de la Batería ROLLS 12 CS 11 PS

Rolls

DEEP CYCLE
SERIES: 5000
MODEL: 12 CS 11P

BATTERY ENGINEERING
WWW.ROLLSBATTERY.COM MADE IN CANADA

BATTERY TYPE: 12 VOLTS

DIMENSIONS:

LENGTH	559 MM	22	INCHES
WIDTH	286 MM	11 1/4	INCHES
HEIGHT	464 MM	18 1/4	INCHES

WEIGHTS:

WEIGHT DRY	100 KG	220 LBS.
WEIGHT WET	123 KG	272 LBS.

CONTAINER CONSTRUCTION:

CONTAINER: (INNER)	POLYPROPYLENE	TERMINALS:	FLAG WITH STAINLESS STEEL NUTS AND BOLTS
COVER: (INNER)	POLYPROPYLENE - HEAT SEALED TO INNER CONTAINER	HANDLES:	MOLDED
CONTAINER: (OUTER)	HIGH DENSITY POLYETHYLENE		
COVER: (OUTER)	HIGH DENSITY POLYETHYLENE SNAP FIT TO OUTER CONTAINER		

PLATES:

POSITIVE PLATE DIMENSION:

HEIGHT	273 MM	10.750	INCHES
WIDTH	143 MM	5.625	INCHES
THICKNESS	6.73 MM	0.265	INCHES

CELLS: 6 **PLATES/CELL:** 11
 POSITIVE PLATE ENVELOPED BY VERTICAL SILVER GLASS MAT

NEGATIVE PLATE DIMENSION:

HEIGHT	273 MM	10.750	INCHES
WIDTH	143 MM	5.625	INCHES
THICKNESS	4.70 MM	0.185	INCHES

SEPARATOR:
THICKNESS 3 MM 0.105 INCHES
INSULATION:
GLASS MAT 1 MM 0.020 INCHES

CAPACITY:

CRANK AMPS:
COLD (CCA) 0°F / -17.8°C 845
MARINE (MCA) 32°F / 0°C 1056

ELECTROLYTE RESERVE:
ABOVE PLATES 95 MM 3.75 INCHES
RESERVE CAPACITY:
RC @ 25A 768 MINUTES

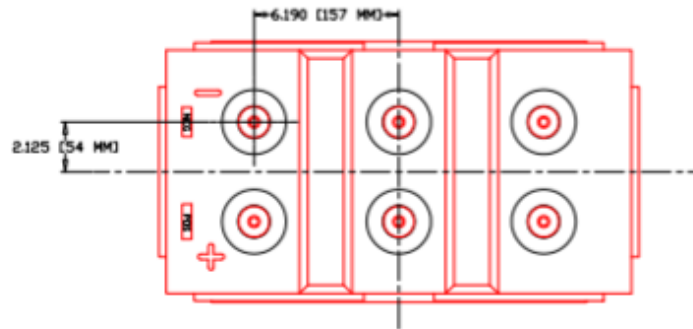
20 HR RATE: 357

	HOURLY RATE	SPECIFIC GRAVITY	CAP / AH	CURRENT / AMPS
CAPACITY @	100 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	503	5.03
CAPACITY @	72 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	475	6.59
CAPACITY @	50 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	439	8.78
CAPACITY @	24 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	371	15.5
CAPACITY @	20 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	357	17.9
CAPACITY @	15 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	332	22.1
CAPACITY @	12 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	311	25.9
CAPACITY @	10 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	296	29.6
CAPACITY @	8 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	278	34.8
CAPACITY @	6 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	253	42.2
CAPACITY @	5 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	239	48
CAPACITY @	4 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	221	55
CAPACITY @	3 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	200	67
CAPACITY @	2 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	171	86
CAPACITY @	1 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	121	121

Surrette
 BATTERY COMPANY LIMITED

1 STATION RD SPRINGHILL, NOVA SCOTIA CANADA B0M 1X0 1.800.681.9914

REV2
 Jan-10
 12 CS 11P



PART NUMBER: 12-CS-11P

WEIGHT WET: 272 LB/ 124 KG

WEIGHT DRY: 220 LB/ 100 KG

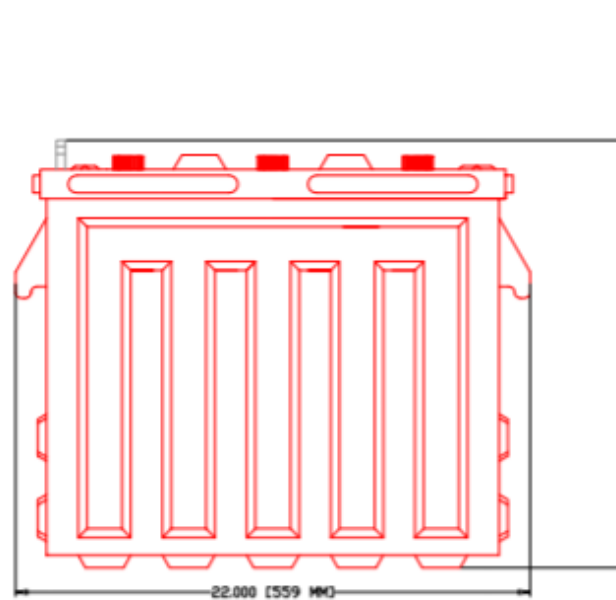
CAPACITY: 357 AH 20 HR

VOLTAGE: 12 V

OVERALL DIMENSIONS: 22"x 11½"x 18½"



MAX HEIGHT WITH OPTIONAL HYDROCAPS: 18.63"/ 473MM



Rolls
BATTERY ENGINEERING

TITLE: 12CS11P

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

CONTACT INFO:

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

SCALE: 1" = 6" 1" = 4"
8.5" X 11" 11" X 17"

JPEG
NOT TO
SCALE

Drawn by:
S. WILES

Approved By:
D. SURRETTE

DATE: JAN-2010

REVISION 2.0

DRAWING NO: DWG 018, BD12CS11P

ANEXO N°10: Ficha Técnica del Conductor NYY DUPLEX / TRIPLE



NYY DUPLEX / TRIPLE

Usos

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

Descripción

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

Características

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

Marcación

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

Calibre

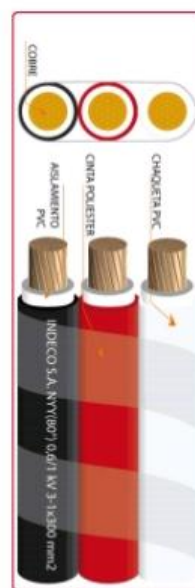
6 mm² – 500 mm²

Embalaje

En carretes de madera, en longitudes requeridas.

Colores

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



Norma(s) de Fabricación
NTP-IEC 60502-1
Tensión de servicio
0.6/1 kV
Temperatura de operación
80 °C

e-mail / ventas@indeco.com.pe / marketing@indeco.com.pe / web / www.indeco.com.pe

1-2

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos y dimensiones contenidos en la documentación técnica o comercial de INDECO, son puramente indicativos y no serán contractuales para INDECO, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de INDECO.

TABLA DE DATOS TECNICOS NYY DUPLEX

CALIBRE	N° HILOS	ESPEORES		DIÁMETRO EXTERIOR	PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA			ENTERRADO	AIRE	DUCTO
N° 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	N° HILOS	ESPEORES		DIMENSIONES		PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA	ALTO	ANCHO		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
N° 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 %m/W



FUSIBLES PARA PROTECCIÓN DE SEMICONDUCTORES Y APLICACIONES FOTOVOLTAICAS HASTA 900 V d.c.



Los fusibles de la serie PF10 han sido desarrollados especialmente para la protección de semiconductores y para aplicaciones fotovoltaicas. Pueden también ser utilizados como protección en instrumentación y de circuitos auxiliares en ferrocarriles.

- Bajos valores de I^2t para la protección de semiconductores.
- Pequeñas dimensiones y baja potencia disipada.
- Posibilidad de usarlos en las bases seccionables OPF10.
- Fabricado de acuerdo con la normativa RoHS.
- Clase gR para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Fusibles serie PF10

	I_n [A]	Modelo	Código	Potencia disipada [W]	I^2t Total [A ² s]	Peso [kg]	Embalaje [pcs]
PF10	4	PF10 4A gR	38696	0,69	45	0,01	20
	6	PF10 6A gR	38697	0,95	48	0,01	20
	8	PF10 8A gR	38698	1,43	129	0,01	20
	10	PF10 10A gR	38699	1,62	271	0,01	20
	12	PF10 12A gR	38700	2,16	371	0,01	20
	16	PF10 16A gR	38701	3,18	501	0,01	20
	20	PF10 20A gR	38702	3,82	565	0,01	20

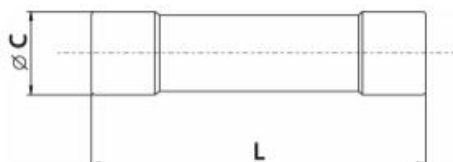
Especificaciones

Modelo	PF10	
Tensión de Uso	U_n	900 V d.c.
Constante de tiempo (L/R)	τ	3 ms
Poder de Corte (RMS)	I_c	30 kA
Normas	IEC 60269-1, -2, -4; EN 60269-1, -4; EN 60269	

Certificados



Dimensiones



Modelo	Ø C [mm]	L [mm]
PF10	10,3	38

Características

Tiempo de Pre-arco / Característica tiempo-corriente PF10 gR

