



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**Análisis para la dotación de energía fotovoltaica para
autoconsumo de la Institución Educativa Cristo Rey-
Chiclayo**

Autor:

Luis Alberto Barboza Cueva

Asesor:

Ing. Carlos Yupanqui Rodríguez

Lambayeque – Perú

Noviembre del 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**Análisis para la dotación de energía fotovoltaica para
autoconsumo de la Institución Educativa Cristo Rey-
Chiclayo**

Autor:

Luis Alberto Barboza Cueva

Aprobado por el jurado examinador

Presidente : Dr. Daniel Carranza Montenegro

Secretario : Ing. Amado Aguinaga Paz

Miembro : Ing. Néstor Daniel Puyen Mateo

Asesor : Ing. Carlos Yupanqui Rodríguez

Lambayeque – Perú

Noviembre del 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

TITULO

**Análisis para la dotación de energía fotovoltaica para autoconsumo
de la Institución Educativa Cristo Rey-Chiclayo**

Contenidos

CAPITULO I: ASPECTO DE LA INVESTIGACION.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACION.

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFIA.

ANEXOS

Autor: Luis Alberto Barboza Cueva

Presidente

Secretario

Miembro

Asesor

Lambayeque – Perú
Noviembre del 2019

DEDICATORIA

A mi madre Gloria, hermanos y en especial a mi hijo que con su amor, sacrificio y perseverancia ha sido, es y será la base de todos nuestros logros.

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiar siempre mi camino hacia el éxito, a mi madre Gloria Cueva por estar siempre a mi lado, a mis Hermanos por ser ejemplo de lucha y superación, a mi amado Hijo Kevin Barboza, y a toda la plana docente por su compromiso de contribuir en la formación de profesionales con conocimiento y valores humanos.

A mis amigos y a todos aquellos que contribuyeron a desarrollar el presente trabajo de investigación.

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo general implementar un sistema fotovoltaico para la Institución Educativa Cristo Rey. Con la finalidad de promover el uso de las energías no convencionales (energía solar), disminuir el impacto ambiental negativo producido por las energías convencionales, asimismo disminuir la emisión de gases de efecto invernadero como el CO₂. El tipo de investigación fue aplicada, luego de realizar los cálculos se obtuvo lo siguiente: La energía eléctrica promedio diaria necesaria para la institución educativa es de: 145057,50 Wh, y la máxima demanda tiene un valor de: 27630 W. Se determinó la radiación solar considerando 02 fuentes de radiación solar: Del software Meteonorm 7.2 (extraído del Programa PVsyst 6.8.1-versión demo), se obtuvo un valor de 4,80 kwh/m²/día. Del software Nastec Solar Calculator se obtuvo un valor de 4,65 kwh/m²/día. Se consideró el menor de los dos datos es decir 4,65 kwh/m²/día. El sistema fotovoltaico estará conformado por 36 paneles fotovoltaicos de la marca Jinko Solar de 320 Wp de potencia pico cada uno policristal, 01 inversor de la marca Fronius Symo 10.03. Finalmente se elaboró el presupuesto del sistema fotovoltaico requiriendo una inversión total de S/. 61.500.00.

Palabras claves: Radiación solar, Panel fotovoltaico, inversor.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to implement a photovoltaic system for the Cristo Rey Educational institution. In order to promote the use of unconventional energy, and also reduce the emission of greenhouse gases such as CO₂. The type of research was applied, after carrying out the calculations, the following was obtained: the average daily electrical energy needed for the educational institution is: 145057.50 Wh, and the maximum demand has a value of: 27630 W. the solar radiation considering 02 sources of solar radiation: from the Meteonorm 7.2 software (extracted from the PVsyst 6.8.1- demo version), a value of 4.80 Kwh/m²/day was obtained. A value of 4.65 Kwh/m² day was obtained from the Nastec solar Calculator software.

The lower of the two data was considered, that is, 4.65 Kwh/m²/day. The photovoltaic system will consist of 36 photovoltaic panels of the Jinko solar brand of 320 Wp peak power each polycrystalline, 01 inverters of the Fronius Symo 10.03 brand.

Finally, the budget of the photovoltaic system was prepared, requiring a total investment of S/. 61.500.00.

Keywords: Solar radiation, Photovoltaic panel, inverter.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
INDICE.....	VIII
INDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE FIGURAS.....	XII
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I: ASPECTO DE LA INVESTIGACION.....	2
1.1. Planteamiento del problema científico.....	3
1.2. Formulación del problema científico.....	3
1.3. Justificación e importancia del estudio.....	6
1.4. Hipotesis.....	7
1.5. Objetivos generales y específicos.....	7
1.5.1. Objetivo general.....	7
1.5.2. Objetivo específico.....	8
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	9
2.1. Antecedentes.....	10
2.2. Origen de la energía solar.....	13
2.3. Radiación solar.....	16
2.4. Tipos de radiaciones.....	17
2.5. Energía solar fotovoltaica.....	18
2.6. Energía solar fotovoltaica en el mundo.....	20
2.7. Energía solar fotovoltaica en el Perú.....	22
2.8. Sistema fotovoltaico.....	25
2.8.1. Sistema fotovoltaico autónomo.....	25
2.8.1.1. Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos autónomos.....	26
2.8.1.2. Componentes de un sistema fotovoltaico autónomo.....	26
2.8.1.2.1. Modulo fotovoltaico.....	26
2.8.1.2.2. Acumuladores o baterías.....	27

2.8.1.2.3. Controlador de carga.....	27
2.8.1.2.4. Inversor.....	28
2.8.2. Sistema fotovoltaico conectado a red.....	28
2.8.2.1. Formas de conectarse a la red.....	29
2.8.2.2. Componentes de un sistema fotovoltaico conectado a red.....	30
2.8.2.2.1. Modulo fotovoltaico.....	30
2.8.2.2.1.1. Parámetros y características.....	30
2.8.2.2.1.2. Curvas características.....	32
2.8.2.2.1.3. Orientación e inclinación.....	34
2.8.2.2.2. El inversor de conexión a red.....	34
2.8.2.2.2.1. Etapas de operación de los inversores.....	34
2.8.2.2.2.2. Parámetros eléctricos de los inversores.....	37
2.8.2.2.2.3. Clasificación de los inversores por su principio de Funcionamiento.....	39
2.8.2.2.2.4. Clasificación de los inversores por su funcionamiento ideal.....	40
CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.....	42
3.1. Población y muestra.....	43
3.1.1. Poblacion.....	43
3.1.2. Muestra.....	43
3.2. Diseño de contratación de hipótesis.....	43
3.3. Operación de variables.....	44
3.4. Análisis estadístico e interpretación de los datos.....	45
3.5. Técnica de muestreo.....	45
CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACION.....	46
4.1. Propuesta de la investigación.....	47
4.1.1. Generador fotovoltaico.....	48
4.1.2. El inversor interconectado.....	48
CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.....	49
5.1. Demanda de energía eléctrica y potencia instalada.....	50
5.2. Energía promedio diaria.....	50
5.3. Radiación solar en la institución educativa Cristo Rey.....	52
5.4. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	55

5.5. Antecedente del proyecto.....	56
5.6. Alternativas a plantear.....	57
5.6.1. Calculo de módulos fotovoltaicos para generación de energía en sistema autónomo.....	57
5.6.2. Calculo de módulos fotovoltaicos para generación de energía en sistema conectado a la red.....	61
5.7. Angulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos.....	64
5.8. Cuadro de energía demanda/oferta del proyecto.....	64
5.9. Metrado y presupuesto.....	66
5.10. Rentabilidad del proyecto.....	67
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
6.1. Conclusiones.....	69
6.2. Recomendaciones.....	70
Referencias Bibliograficas.....	71
ANEXOS.....	73

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Potencia de los talleres.....	51
Tabla N° 2: Radiación solar con el software Meteonorm 7.2.....	53
Tabla N° 3: Radiación solar con el software Nastec solar Calculator.....	54
Tabla N° 4: Comparación de los datos de radiación solar de las dos fuentes.....	55
Tabla N° 5: Información de los recibos de luz de la I.E.....	56
Tabla N° 6: Características técnicas de los módulos fotovoltaicos.....	57
Tabla N° 7: Características técnicas del inversor.....	63
Tabla N° 8: Fuente: Elaboracion propia.....	65
Tabla N° 9: Fuente: Diseño froniuss.....	66
Tabla N° 10: Fuente: Elaboracion propia.....	66
Tabla N° 11: Fuente: Elaboracion propia.....	67
Tabla N° 12: Fuente: Elaboracion propia.....	67

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Institución Educativa Cristo Rey.....	4
Figura N° 2: Ubicación geográfica de la I.E. Cristo Rey.....	5
Figura N° 3: Esquema de un sistema fotovoltaico autónomo.....	26
Figura N° 4: Esquema de un sistema fotovoltaico conectado a red.....	29
Figura N° 5: Curva I-V de tensión y corriente.....	32
Figura N° 6: Curva para diferentes irradiancias a 25 °C.....	32
Figura N° 7: Curva I-V para diferentes t° a una irradiancia de 1000 W/m ²	33
Figura N° 8: Curva I-V para un módulo fotovoltaico.....	33
Figura N° 9: Visitando el taller de mecánica de producción.....	47
Figura N° 10: Recopilación de datos de placas de maquinarias.....	50
Figura N° 11: Sala de computo de la I.E.....	51
Figura N° 12: Software Meteonorm.....	52
Figura N° 13: Fuente software Meteonorm.....	53
Figura N° 14: Fuente software Nastec solar Calculator.....	54
Figura N° 15: Fuente: Catalogo Jinko solar.....	58
Figura N° 16: Fuente. Manual fronius.....	63
Figura N° 17: Fuente. Datos de radiación Nastec.....	65

INTRODUCCION

La presente tesis titulada: ANALISIS PARA LA DOTACION DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO DE LA INSTITUCION EDUCATIVA CRISTO REY-CHICLAYO. Esta investigación nos permitirá promover el uso de la energía no convencional (energía solar fotovoltaica) para alimentar con electricidad a una Institución Educativa, el cual contribuirá con el ahorro del consumo eléctrico.

En el Capítulo I: se aborda el planteamiento del problema, formulación del problema, y luego la justificación del trabajo de investigación, hipótesis y los objetivos planteados.

En el Capítulo II: se indica el marco teórico, en la cual se va describiendo el diseño de la presente investigación, así como también las diversas formas de energías, además de los tipos y partes de los sistemas fotovoltaicos descritos.

En el Capítulo III: se presenta el marco metodológico, describiendo sus variables y su Operacionalización, así como también su población, el diseño de contratación de hipótesis y sus técnicas de muestreo.

En el Capítulo IV: se aborda la propuesta de la investigación, así como las componentes del sistema fotovoltaico propuesto.

En el Capítulo V: se presentan los resultados siguiendo la metodología propuesta en base a los objetivos propuestos, así también su presupuesto y rentabilidad del proyecto.

En el capítulo VI: se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

ASPECTO DE LA INVESTIGACION

CAPITULO I: ASPECTO DE LA INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del Problema Científico

El sector energético tiene un papel muy importante en el funcionamiento económico de un país. En todos los sectores económicos, la energía tiene un rol central, permitiendo la producción de bienes y servicios. El uso desmedido y sin control de la electricidad está ocasionando daños en el medio ambiente como el calentamiento global, por tal razón se analizará ver la implementación de un sistema fotovoltaico para el uso de energías no convencionales (energía solar) debido a que son fuentes inagotables y crecientemente competitivas y sobre todo en que no producen gases de efecto invernadero, causante del cambio climático además sus costos evolucionan a la baja de forma sostenida.

1.2. Formulación del Problema Científico

La radiación solar será suficiente para poder implementar un sistema fotovoltaico para autoconsumo del colegio. Ante los efectos negativos y el eventual daño al medio ambiente se ha optado por el uso de energías renovables (siendo uno de ello las energías solares fotovoltaicas) que son aquellas que provienen de recursos naturales que no se agotan y a los que se puede recurrir de manera recurrente. Su impacto ambiental es nulo en la emisión de gases de efecto invernadero como el CO₂.

Localización

El presente trabajo de investigación se ha desarrollado en la I.E Cristo Rey, y se encuentra localizado en el Distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo y Región de Lambayeque.



Figura N° 1: Institución Educativa Cristo Rey

La Institución Educativa Cristo Rey, utiliza la energía eléctrica que es suministrada por la Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad del Norte S.A. La cual suministra en baja tensión, con sub estación N° 207, tensión de 10kv, tipo de conexión monofásico aéreo (C1-1), y tarifa BT5B residencial.

Este proyecto de investigación afecta a 86 profesores, 12 personal administrativo, 1910 alumnos y 1560 padres de familia y servirá como base para estudios posteriores en otras localidades.

Ubicación

La Institución Educativa Cristo Rey está ubicada en la parte baja del valle Lambayeque, al norte de la ciudad de Chiclayo, en la Región natural chala o costa a una altura promedio de 40 m.s.n.m.



Figura N° 2. Ubicación geográfica de la I.E Cristo Rey ¹

Accesibilidad

La I.E. Cristo Rey tiene su acceso principal por la calle España N°1465 y un acceso secundario por la parte posterior entre las calles Bolívar y Luis Heyser.

¹ Fuente: Google Earth

Clima de la zona ²

El distrito de José Leonardo Ortiz tiene un clima cálido, templado y seco, de abundante sol la mayor parte del año, los vientos son moderados, las precipitaciones fluviales son escasas.

Su entorno físico presenta un suelo llano de suave pendiente en dirección descendente Nor Este a Sur Oeste, y tiene un área territorial de 28,22 Km². Tiene como centros poblados rurales los caseríos de Culpon y Chilape.

1.3. Justificación e Importancia del Estudio

La Importancia en este trabajo de investigación es que, nos proporcionará una perspectiva del posible potencial de ahorro de energía eléctrica que tendrá la Institución Educativa Cristo Rey, con respecto al uso del consumo energético del sistema que esta administra.

Justificación Científica

En la actualidad la energía Solar es una alternativa renovable no convencional que ofrece mejores beneficios. Existe la necesidad de uso de nuevas fuentes de energía que han traído como consecuencia efectuar investigaciones sobre los lugares con mayor potencial aprovechable y las formas de interconectar las nuevas fuentes al sistema existente, de una manera segura y eficiente como también fomentar el uso de estas energías no convencionales como nuevas fuentes de estudio científico.

² <https://www.iperu.org>

Justificación Económica

El presente análisis busca la justificación económica, porque al tener un buen control del consumo de energía, contar con un excelente registro energético y contar con la mejor tecnología produce consigo el tener ventaja competitiva, mayor reducción de costos y por ende mejores beneficios para el colegio. La energía solar se ha convertido en la actualidad en un punto fundamental para el incremento de la rentabilidad y beneficio en sus diferentes tipos de uso.

Justificación ambiental

Este proyecto de investigación se justifica debido al beneficio medio ambiental principal es pues que la generación de energía eléctrica a partir de la energía solar reducirá las emisiones de gases como el CO₂. Por otra parte, la instalación de sistemas fotovoltaicos podría producir una serie de impactos medioambientales los que sin duda son considerablemente menores a los producidos por otros sistemas de generación eléctrica.

1.4. Hipótesis

El análisis del uso de la energía fotovoltaica en la Institución Educativa Cristo Rey, nos permitirá saber si es posible la rentabilidad económica en beneficio de la Institución.

1.5. Objetivos Generales y Específicos

1.5.1. Objetivo General

Analizar el uso de la energía fotovoltaica para autoconsumo en la Institución Educativa Cristo Rey y así mejorar su rentabilidad económica.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar el análisis de consumo de energía eléctrica promedio diario de la Institución Educativa Cristo Rey y la máxima demanda.
- Proponer el uso de la energía fotovoltaica realizando el cálculo y selección de los equipos del sistema a utilizar.
- Realizar una evaluación económica para el sistema fotovoltaico propuesto.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

Contexto internacional

Según Ramos, H y Luna, R. (2014). DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO A LA RED PARA EL AREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE SALAMANCA (tesis de posgrado). Universidad Tecnológica de Salamanca, Chihuahua, México.

En el resumen nos dice que primero que nada se tendría que realizar un estudio energético, ya que los costos por los gastos de servicio eléctrico son demasiado caros, al orden de los 25,000.00 pesos mensuales, posterior a ello se realizara un estudio de factibilidad, tomando en cuenta que los paneles solares no solventaran al 100% la demanda energética, sin embargo si mitigara en gran medida el gasto por consumo, se realizara un estudio de radiación con la ayuda de un equipo de medición de radiación marca Mac-Solar, gracias a este estudio obtendremos un dato exacto de la radiación específicamente en la zona donde se encuentra ubicada la escuela, cabe mencionar que existían estudios realizados ya en salamanca, pero todos tomaban como referencia el templo de San Antonio ya que es la parte más despejada en cuanto a sombra se refiere y es la zona centro de la ciudad de salamanca Guanajuato, sin embargo la parte critica del proyecto es el estudio específico de la radiación en la zona de la UTS, el estudio de consumo energético y el plan de acción de ahorro energético, aparte del estudio socioeconómico para la factibilidad, teniendo como resultado que el lugar más adecuado para la colocación de los paneles, es el área de estacionamiento, y se

entregara de igual forma un estudio socioeconómico para verificar la factibilidad del sistema.

Contexto nacional

Según Cornejo, H. (2013). SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE CONEXIÓN A RED EN EL CENTRO MATERNO INFANTIL DE LA UNIVERSIDAD DE PIURA (tesis de grado). Universidad de Piura, Perú.

De esta tesis se puede concluir que para el correcto dimensionamiento del sistema se ha considerado al mes de junio, por ser el mes más desfavorable del año en cuanto a energía solar disponible, asegurándonos que para el resto del año haya un correcto funcionamiento total del sistema fotovoltaico con conexión a red. Los equipos que forman parte del sistema fotovoltaico con conexión a red, han sido seleccionados con los cálculos realizados para el proyecto, se ha tenido también en cuenta que deban cumplir con las normativas establecidas para el correcto dimensionamiento. Los módulos fotovoltaicos deben cumplir con las normativas: IEC 61215 que cubre los parámetros que son responsables del deterioro y envejecimiento de los mismos como son los rayos UV (ultravioleta), incluida la luz del sol, diferencial ambiental de humedad y temperatura, cumplen también la normativa IEC 61730 que cubre los parámetros de seguridad del módulo en su construcción, especificando el tipo de uso, pruebas de cualificación y seguridad eléctrica.

El inversor cumple con la normativa IEC 60529 con la cual se determina el grado de protección que resguarda los componentes que constituyen el equipo, dicho inversor está totalmente protegido contra el polvo y contra el lanzamiento de agua desde todas direcciones. El medidor dispensador de electricidad cumple con las normativas EN 50470-1 y EN 50470-3 con la cual se garantiza el correcto cumplimiento de los

ensayos para el funcionamiento y la precisión de la medida de energía. El carácter modular de la energía fotovoltaica permite un menor costo unitario y una eficiencia independiente del tamaño de la instalación en comparación de las fuentes convencionales, por ello los pequeños sistemas presentan un gran interés por la producción de energía descentralizada o independencia del usuario o consumidor.

Contexto local

Según Bravo, V. y Gamarra, D. (2016). DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SATISFACER LA DEMANDA DE ENERGÍA DE LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ (tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque.

Ha sido elaborado como objetivo de estudio por su importancia que tiene la utilización de las energías renovables y por el ahorro en costos de energía que significaría su implementación. El diseño del sistema fotovoltaico fue realizado siguiendo la metodología propuesta en el capítulo tres empezando con la medición de la radiación solar utilizando el software METEONORM Versión 7.0 (demo) obteniendo como resultados un promedio anual de irradiación de 5.1 KW/m² por día. Luego se estima la carga conectada utilizando una pinza amperimétrica y las hojas de datos de los equipos del laboratorio. A continuación, identificamos el área de instalación de los paneles solares en el techo del laboratorio para luego realizar los cálculos matemáticos para determinar el Voltaje de instalación, el tipo y número de paneles solares a utilizar, la configuración de los reguladores de carga, el tipo y número de baterías, las características del inversor y por último la disposición

topológica del sistema. Para finalizar realizamos la selección de los equipos y componentes del sistema utilizando catálogos de las empresas especializadas en el rubro, para luego determinar el costo total del sistema a implementar.

2.2. Origen de la energía solar ³

Xóchitl, B. y Primoz, K. (2009). El Sol, Nuestra Estrella. *Revista Digital Universitaria*, 10(10), 2-3.

El sol es el objeto central de nuestro sistema solar. Se ha formado hace 6,5 mil millones de años de una enorme nube interestelar de gas frío. Contiene prácticamente toda (99,8%) la masa del sistema solar y es más de 333 000 veces más masivo que la tierra. Su radio, 700000 km, es 109 veces más grande que el radio de la tierra, Así que se necesitarían 1 300 000 planeta tierra para llenarlo. El sol está compuesto principalmente de dos elementos-hidrogeno y helio. Sus abundancias han cambiado a lo largo de su vida, por lo que hoy el hidrogeno y el helio representan el 74,9% y el 23,8%, respectivamente de su masa total. El oxígeno solo contribuye con el 1%, el carbono con el 0,3% y el neón y el hierro con el 0,2%. La distancia que nos separa del Sol equivale a un poco más de ocho minutos de luz. Esto significa que la luz, viajando a una velocidad de 300 000km/s, se tarda más de ocho minutos en recorrer la distancia que nos separa del Sol. Es por eso, que cualquier cambio que sucede en la superficie solar, lo podemos ver con un retraso de 8 minutos. Esta distancia, conocida como unidad astronómica (u. a.), se traduce a 150 millones de kilómetros, lo cual es 390 veces más que la distancia de a la Luna y 3 750 veces mayor que el largo del Ecuador.

³<http://www.revista.unam.mx/vol.10/num10/art67/int67.htm>

La temperatura en el sol es tan alta, que el material se encuentra en estado plasma, esto es, separado de iones y electrones.

A este estado se le conoce comúnmente como el cuarto estado de la materia, debido a la carga eléctrica de las partículas.

El material de un plasma interactúa con campos eléctricos y magnéticos y se comporta de manera muy diferente a un gas neutro.

El 99% de la materia visible en el universo está de estado plasma, por lo que al estudiar a nuestra estrella podemos aprender sobre fenómenos que ocurren comúnmente en otros entornos.

Estructura y partes del sol ⁴

Como toda estrella, el sol posee una forma esférica y a causa de su lento movimiento de rotación, tiene un leve achatamiento solar. Como en cualquier cuerpo masivo, toda la materia que la constituye es atraída hacia el centro del objeto por su propia fuerza gravitatoria. Sin embargo, el plasma que forma el sol se encuentra en equilibrio, ya que la creciente presión en el interior solar compensa la atracción gravitatoria, lo que genera un equilibrio hidrostático. El sol presenta una estructura de capas esféricas o en “capas de cebolla”. La frontera física y las diferencias químicas entre las distintas capas son difíciles de establecer y está formado por:

Núcleo: Es la parte más caliente pues supera los 15.7 millones de grados centígrados, es aquí donde las reacciones de fusión nuclear tienen lugar al convertirse el hidrógeno en helio y liberar energía, durante un segundo de fusión nuclear se libera una cantidad de

⁴ URL:<http://Geoenciclopedia.com>

energía superior a la que libera la explosión de cientos de miles de bombas de hidrogeno.

Zona radiante o radiactiva: Esta zona está compuesto de plasma, es decir grandes cantidades de hidrogeno y helio ionizado, es aquí donde se lleva a cabo la radiación térmica y el proceso de transferencia de energía desde el núcleo.

Zona convectiva: Es aquí donde los movimientos de gases y las burbujas de plasma caliente se mueven hacia arriba, por lo que se trasfiere energía a la superficie. Esta zona se encuentra a una temperatura alrededor de 2×10^6 k.

Fotosfera: Es la zona visible, considerada como la superficie y vista atreves de un telescopio, formado por gránulos brillantes de forma hexagonal, el gas que la compone se encuentra en equilibrio térmico con la radiación que la atraviesa por lo cual puede ser aplicables las leyes de radiación de cuerpo negro.

Cromosfera: Es una capa exterior a la fotosfera visualmente más trasparente, su tamaño aproximado es de 10,000 km, y es imposible observarla sin filtros especiales, pues es eclipsada por el mayor brillo de la atmosfera, puede observarse durante un eclipse solar y en un tono rojizo característico y en longitudes de ondas específicas, es aquí donde se producen las erupciones solares espectaculares.

Corona solar: Está formada por las capas más tenues de la atmosfera superior solar, su temperatura alcanza los millones de kelvin y es observable desde el espacio con instrumentos adecuados o durante un eclipse solar.

Heliosfera: La Heliosfera sería la región que se extiende desde el sol hasta más allá de Plutón y que se encuentra bajo la influencia del viento solar. Es en esta región donde se extienden los efectos de las tormentas geomagnéticas y también donde se extiende el flujo del campo magnético solar. La Heliosfera protege al sistema solar de las radiaciones provenientes del medio interestelar y su límite se extiende a más de 10 UA del sol, límite solo superado por los cometas.

2.3. Radiación solar ⁵

Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol, se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta, no toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas son absorbidas por los gases de la atmosfera fundamentalmente por el ozono.

La magnitud que mide la radiación solar que se llega a la tierra es la irradiancia, una unidad que refleja su potencia por unidad de superficie.

Irradiancia

Es una magnitud que indica la cantidad de energía solar que llega a la atmosfera superior de la tierra por unidad de superficie y tiempo. Se mide en W/m^2 o unidades equivalentes.

⁵ <https://es.wikipedia.org>.

Irradiación

Es la cantidad de irradiancia recibida en un lapso de tiempo determinado, es decir, la potencia recibida por unidad de tiempo y por unidad de superficie. Se mide en Wh/m^2 o en caso de un día, en $\text{Wh/m}^2/\text{día}$ o unidades equivalentes.

Horas pico solar

Es el número de horas en que dispondremos de una hipotética irradiancia solar constante de 1000W/m^2 , es decir, es un modo de contabilizar la energía recibida del sol agrupándolo en paquetes, siendo cada paquete de 1 hora recibiendo 1000W/m^2 .

Para calcularla se debe dividir el valor de irradiación incidente entre el valor de la potencia de irradiancia en condiciones estándares de medida (1000 W/m^2). Es decir, si se dispone de los datos de irradiación solar de un determinado día y se divide entre 1000, se obtiene las HPS (horas pico solar).

2.4. Tipos de radiaciones ⁶

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. Es el tipo de radiación predominante en un día soleado.

Radiación difusa

Parte de la radiación que atraviesa la atmosfera es reflejada por las nubes o absorbida por estas.

⁶ <https://www.ecored.cu>

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, montañas, árboles, 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. Es el tipo de radiación predominante en un día nublado.

Radiación reflejada

La radiación reflejada es, como su nombre indica, es aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado 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.

2.5. Energía solar fotovoltaica ⁷

La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Esta transformación en energía eléctrica se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas.

El material base para su fabricación suele ser de silicio, cuando la luz del sol (fotones) incide en una de las caras de la célula genera una corriente eléctrica que se suele utilizar como fuente de energía.

⁷ Madrid C. Guía de la Energía Solar. Madrid: Dirección General de Industrias, Energía y Minas, Consejería de Economía e Innovación Tecnológica; 2006

Celda o célula fotovoltaica ⁸

Las celdas fotovoltaicas (también llamadas células solares, célula fotovoltaica, fotocélula o celdas solares). Las células fotovoltaicas son mecanismos o dispositivos eléctricos que consiguen transformar la energía lumínica en energía eléctrica.

Su principal componente de las células solares son los semiconductores, estos semiconductores normalmente están hechos en base de silicio, siendo este elemento muy abundante en la corteza terrestre.

Un átomo de silicio cuenta con 14 electrones repartidos en diferentes capas, la última capa consta de 4 electrones y se encuentra semivacía.

El silicio se tiene que dopar con otro elemento para generar una inestabilidad eléctrica, que lo convierta así en un semiconductor de lo contrario al tener el mismo número de protones que de electrones es un elemento eléctricamente estable y no es útil para nuestro fin. Los dopantes más comunes son el fósforo (p-tipo) o el boro (n-tipo), esto genera que la última capa este siempre buscando llenarse. hay dos tipos de células fotovoltaicas.

Celdas fotovoltaicas de silicio cristalino

Estas celdas tienen un coste económico elevado con respecto a otro tipo de celdas fotovoltaicas y por ello su uso suele ser menos habitual. Su rendimiento es mayor y por lo tanto aumenta su relación Wp/m^2 .

Celdas fotovoltaicas de silicio multicristalino

El rendimiento de estas celdas es bueno, aunque ligeramente más bajo que el de las celdas de silicio cristalino, sobre todo en condiciones de iluminación baja.

⁸ <https://atersa.shop/como-funciona-una-célula-fotovoltaica>

No obstante, este tipo de celdas son más económicas que las anteriores y su eficiencia de conversión siguen siendo buena, gracias a los múltiples avances que ha sufrido este tipo de célula en los últimos 5 años.

Efecto fotovoltaico ⁹

El efecto fotoeléctrico se produce cuando el material de la célula solar (silicio u otro material semiconductor) absorbe parte de los fotones de sol. El fotón absorbido libera a un electrón que se encuentra en el interior de la celda.

Ambos lados de las celdas están conectados por un cable eléctrico, así que se genera una corriente eléctrica.

2.6. Energía solar fotovoltaica en el mundo ¹⁰

Barredo, J. (noviembre de 2016). III Foro solar español. Informe Anual 2016. En J. Barredo (presidencia), el tiempo de la energía solar fotovoltaica. Congreso llevado a cabo en el III foro anual 2016, Madrid, España. Se puede concluir lo siguiente:

Desde el año 2013, se venía observando un crecimiento del 20-25% en cuanto a mercado fotovoltaico global. A finales del año 2015 la tecnología ha logrado instalar 50 MW de capacidad fotovoltaica adicional en todo el mundo, por encima del 2014, y el aumento de la capacidad acumulativa de 230 MW instalada.

La energía solar sigue aumentando en un modo acelerado en el sureste asiático, instalándose 15,2 GW en China, y 11,6 GW en Japón en el año 2015; al igual que en EE. UU donde se instalaron 7,3 GW.

⁹ <https://www.vix.com ›btg ›curiosidad-que-es-el-efecto-fotoeléctrico>

El número de mercados emergentes fotovoltaicos y relevantes con alrededor de 1 GW de potencia acumulada es cada vez mayor en todos los continentes y contribuyendo enormemente el crecimiento global.

Tal es así que Corea, Australia, Tailandia, Filipinas y Taiwán son ahora los mercados con más energía fotovoltaica. En países como Vietnam e Indonesia están mostrando también signos de un desarrollo respecto a FV.

En el país de la India se han instalado casi 2 GW en el 2015, reflejándose un crecimiento positivo en ese país; tal es así que podría convertirse en el país líder en cuanto a FV. Pakistán no se ha quedado atrás con sus cientos de MW instalados; también el continente africano y Oriente medio juntos representan cerca de 1 GW.

En Europa con alrededor de 8 GW instalados, el mercado vuelve a crecer después de varios años, gracias al reino unido que instaló 3,5 GW siguiéndole Alemania con 1,5 GW y Francia con 0.9 GW.

Unos de los países de Europa como España solo ha instalado 49 MW, este estancamiento de energía fotovoltaica se debe principalmente a la normativa adversa de ese país. La aportación fotovoltaica de Europa siguió decreciendo, en el año 2015 solo representó un 16% en cuanto a energía fotovoltaica mundial, siendo en el año 2013 prácticamente el doble. En cambio, China y Japón fueron los países que más energía solar añadieron en todo el continente europeo, y se espera que para el 2020 China instale 40 GW de energía fotovoltaica.

¹⁰ Barredo J. Informe Anual 2016: El tiempo de la energía solar fotovoltaica. 2016

2.7. Energía solar fotovoltaica en el Perú ¹¹

Escobedo, R. (2018, p.22-25). Implementación de un sistema fotovoltaico para un laboratorio de cómputo en el colegio nacional “Coloso y Emblemático Jaén de Bracamoros-Jaén-Cajamarca”.

La energía solar es una de las opciones que se están desarrollando como alternativas a las energías provenientes de la quema de combustibles fósiles. A diferencia de los países nórdicos, el territorio peruano, por estar mucho más próximo al Ecuador, cuenta con sol durante la mayor parte del año. Según el Atlas Solar del Perú elaborado por el Ministerio de Energía y Minas, el Perú tiene una elevada radiación solar anual siendo en la sierra de aproximadamente 5.5 a 6.5kwh/m²; 5.0 a 6.0 kw/m² en la costa y en la Selva de aproximadamente 4.5 a 5.0 kwh/m².

En el Perú hay tres ámbitos donde se ha desarrollado el uso de energía solar en el Perú.

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

¹¹ Escobedo, R. (2018, p.22-25)

Así como para como la potabilización de agua en aquellas zonas que lo requieran.

Otro ámbito donde existen avances es en la provisión de electricidad a las zonas rurales. Según datos del 2011, el 16% población peruana no tiene electricidad en sus casas, cifra que se eleva a 22% en las zonas rurales. Según la Dirección General de Electrificación Rural aún existen cerca de 500 000 hogares ubicados en zonas rurales que quedarían sin ser atendidos por los programas públicos de electrificación. El Plan de Electrificación Nacional de Electrificación Rural cerca de 345 823 hogares deberán ser cubiertos con módulos fotovoltaicos en espacios rurales. Entre los proyectos existentes está el financiado por el Banco Mundial, el Global Environment Facility – GEF y el MEM que ya ha subvencionado la provisión de electricidad a 2 216 hogares que con sistemas fotovoltaicos pilotos. Asimismo, dentro de este esquema existiría en cartera otro subproyectos para llegar a 7 000 hogares más. Otro programa es Euro Solar, que provee 130 pequeñas centrales de energía híbrida (eólico-solar) destinadas a abastecer de energía a postas, colegios y locales comunales rurales.

Asimismo, el programa Luz para Todos del Gobierno Central contempla que cerca de 11 640 nuevas localidades con servicio eléctrico serán atendidas con fuentes renovables siendo una buena parte de ellas a través de sistemas fotovoltaicos. Entre las opciones para la electrificación rural están los sistemas fotovoltaico domiciliario (SFD). La empresa estatal ADINELSA, encargada de la promoción de la electrificación rural en áreas no concesionadas, ya posee más 1500 SFDs operativos en el sur del país.

El tercer ámbito de desarrollo, y el más promisorio, es el que ha surgido con la concesión de las 4 centrales solares que se enlazarán al Sistema Eléctrico Nacional (SEIN) luego de la primera subasta de suministro de electricidad de Recursos Energéticos Renovables (RER) llevada a cabo por el Ministerio de Energía y Minas.

Las compañías españolas T-Solar Global y Solarpack Corporación Tecnológica son las que construirán estas cuatro centrales fotovoltaicas, con una potencia conjunta de 80 megavatios (mw). Estas empresas han firmado contratos con el Gobierno Peruano que les permite asegurar la venta de electricidad producida de fuentes solares durante un lapso de 20 años. Según Juan Laso, Director General de T Solar, esta adjudicación le permitirá “incrementar la cartera de proyectos en fase de desarrollo de T-Solar, que suman una potencia superior a los 650 MW” Como vemos, el sector de la energía solar va desde pequeñas instalaciones familiares hasta grandes proyectos de centrales solares. Es interesante que los avances, en este último caso, generen el desarrollo tecnológico y la difusión de esta fuente de energía renovable en el país. Una característica primordial de la energía solar es su capacidad para adecuarse a proyectos de mediana y pequeña envergadura para usuarios individuales. Por ejemplo, en ámbitos urbanos se pueden desarrollar instalaciones fotovoltaicas que se integren a grandes superficies expuestas como estacionamientos, edificios, marquesinas. De hecho, la T –Solar ya desarrolla proyectos de este tipo en España. Este tipo de innovaciones permite acercar la producción de electricidad al punto de consumo evitando pérdidas durante el transporte y además de reemplazar el consumo de energía eléctrica de la red nacional y ahorrar costos a quienes la implementan. No cabe duda de que las opciones de uso de la energía solar son grandes.

Lamentablemente aún existe desconocimiento de aquellos sectores que pueden aprovecharlo más intensamente. Desarrollar este subsector energético sería crucial ya que es una de las mejores opciones para cambiar la actual matriz energética mundial intensiva en gases de efecto invernadero.

2.8. Sistema fotovoltaico¹²

Se define como sistema fotovoltaico al conjunto de dispositivos mecánicos, eléctrico, y electrónico que aprovechan la energía del sol para transformarla en utilizable como energía eléctrica. La generación de energía eléctrica dependerá de las horas que el sol brille sobre el panel solar, del tipo y cantidad de módulos instalados, orientación e inclinación, así como también de la potencia nominal.

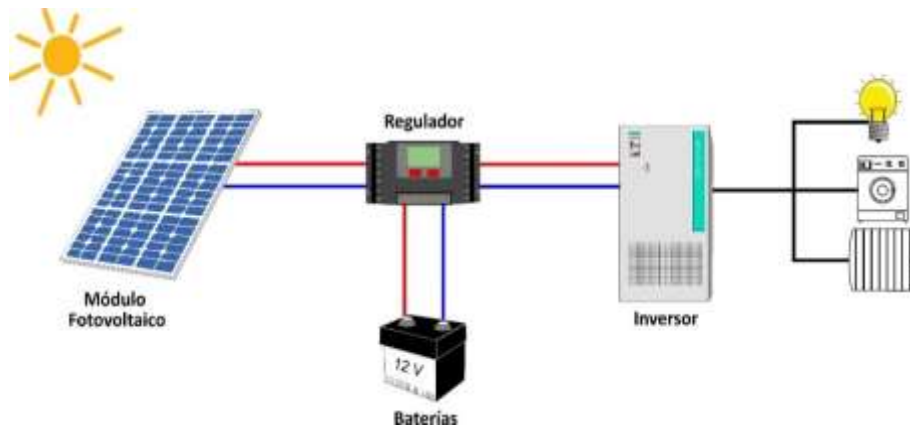
Según el tipo de instalación se pueden distinguir entre sistemas fotovoltaicos autónomos (aisladas a la red), y sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

2.8.1. Sistema fotovoltaico autónomo

Un sistema fotovoltaico autónomo o aislado (SFA) produce energía eléctrica para satisfacer el consumo de cargas eléctricas no conectadas a la red, empleando un sistema de acumulación energético para hacer frente a los periodos en los que la generación es inferior al consumo.

¹² Perpiñán Lamigueiro óscar. energía solar fotovoltaica; 2015

Figura N° 3: Esquema de un Sistema Fotovoltaico Autónomo



2.8.1.1. Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos autónomos

Existen una variedad de aplicaciones entre ellas tenemos:

Telecomunicaciones, iluminación, electrificación rural, relevación de desastres y bombeo de agua.

2.8.1.2. Componentes de un sistema fotovoltaico autónomo

Los componentes de todo sistema fotovoltaico son:

2.8.1.2.1. Modulo fotovoltaico ¹³

Un módulo fotovoltaico consiste en la conexión de células en serie-paralelo hasta obtener unos valores de voltaje y corriente que se desean. Una vez obtenido el arreglo es encapsulado de tal forma que quede protegido de los elementos atmosféricos que le puedan afectar cuando esté trabajando en la intemperie.

¹³ Ramos López Humberto, y Luna Puente Rafael. Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la universidad tecnológica de salamanca, Chihuahua, México.

Los tipos de paneles solares vienen dados por la tecnología de fabricación y pueden ser:

- Monocristalino, policristalino y amorfo.

2.8.1.2.2. Acumuladores o baterías ¹⁴

También llamados de almacenamiento. Está formado por un conjunto de baterías, que almacenan la energía eléctrica generada durante las horas de radiación, para su utilización posterior en los momentos de baja o nula radiación.

Una de las características más importantes de las baterías en una instalación fotovoltaica es el ciclado. El ciclado diario se refiere a que la batería se carga en el día y se descarga en la noche. Superpuesto a este ciclado diario está el ciclado estacional que se asocia a periodos de reducida incidencia de radiación.

2.8.1.2.3. Controlador de carga ¹⁵

También conocido como regulador de carga o regulador de batería; es aquel que limita la velocidad a la que la corriente eléctrica se suma o se extrae de las baterías. Previene la sobrecarga y puede proteger contra la sobretensión, que puede reducir el rendimiento de la batería o la esperanza de vida. También puede prevenir por completo el drenaje (descarga profunda) de una batería, o realizar vertidos controlados.

¹⁴ Correa Montenegro Hilton Jhoel, y Gonzales Silva Víctor Juan. Diseño de un Sistema Fotovoltaico Autónomo para la Generación de Energía Eléctrica en la Institución Educativa N°287 de la Comunidad Nativa Villa Gonzalo, Distrito Río Santiago, Provincia de Condorcanqui, Departamento de Amazonas.

¹⁵ <https://es.wikipedia.org/wiki/controlador-de-carga>.

2.8.1.2.4. Inversor ¹⁶

Un inversor es un aparato electrónico. La función del inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada.

Los inversores también se utilizan para convertir la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos, acumuladores o baterías, etc., en corriente alterna y de esa manera poder ser inyectados a la red eléctrica o usados en instalaciones eléctricas aisladas.

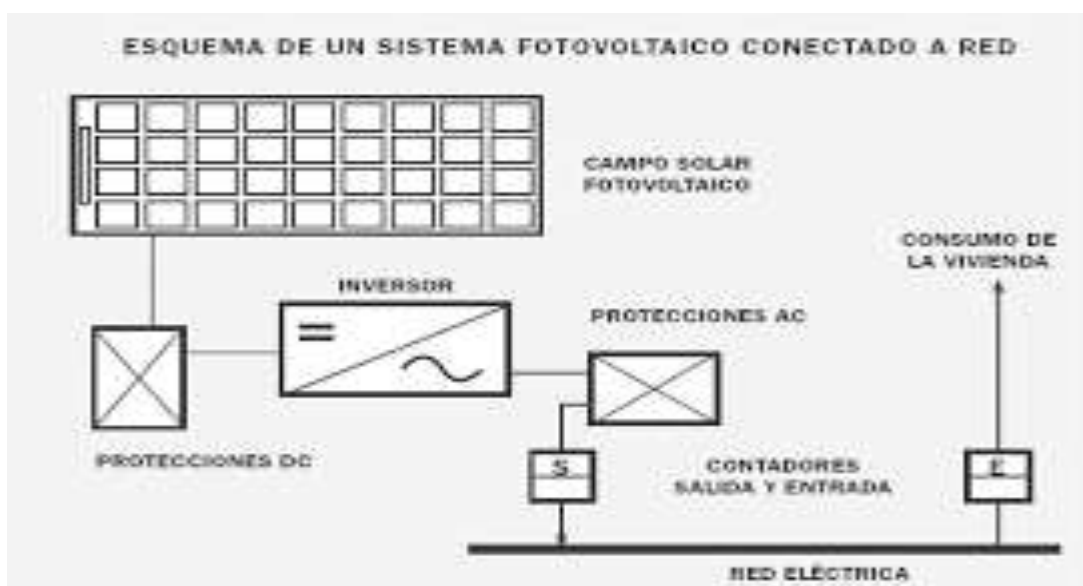
2.8.2. Sistema fotovoltaico conectado a red ¹⁷

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica (SFCR) constituyen una de las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica que más atención están recibiendo en los últimos años, dado su elevado potencial de utilización en zonas urbanizadas próximas a la red eléctrica. Estos sistemas están compuestos por un generador fotovoltaico que se encuentra conectado a la red eléctrica convencional a través de un inversor, produciéndose un intercambio energético entre esta y el sistema fotovoltaico, característico de este tipo de instalaciones. Así, el sistema inyecta energía en la red cuando su producción supera al consumo total, y extrae energía de ella en caso contrario. La diferencia fundamental entre un sistema fotovoltaico autónomo y los conectados a red, consiste en la ausencia en este último caso del subsistema de acumulación, formado por la batería y la regulación de carga. Además, el inversor en los sistemas conectados a red deberá estar en fase con la tensión de la red.

¹⁶ <https://Solar-energia.net> › definiciones › inversor

¹⁷ Cornejo Lalupu Héctor Armando. Sistema Solar Fotovoltaico de Conexión a red en el Centro Materno Infantil de la Universidad de Piura.

Figura N° 4: Esquema de un Sistema Fotovoltaico conectado a red



Fuente: Google.com

2.8.2.1. Formas de conectarse a la red

Hay dos formas de conectarse a la red:

Tarifa fotovoltaica

En los países donde la legislación obliga a las compañías eléctricas a aceptar la generación que conecta a sus redes y existe una tarifa de compensar el Kwh de origen fotovoltaico, el sistema se suele conectar directamente a la red eléctrica, de modo que se inyecta el 100% de la energía producida.

Facturación neta

Esta forma de conexión utiliza la electricidad fotovoltaica para consumo propio y los excedentes se inyectan a la red.

El sistema fotovoltaico se conecta cerca del contador, en el lado del consumidor, reduciendo la necesidad de comprar electricidad, con ello disminuye la factura de la compañía eléctrica, ya que solo suministra la energía que no aportan los paneles.

Cuando se produce un excedente, este se vierte a la red y se puede recibir la tarifa fotovoltaica correspondiente, si lo contempla la regulación.

2.8.2.2. Componentes de un sistema fotovoltaico conectado a red

Existen dispositivos o equipos que se deben utilizar para poder transformar la energía solar en energía eléctrica.

2.8.2.2.1. Modulo fotovoltaico ¹⁸

Modulo fotovoltaico o panel solar, es el encargado de la producción de energía solar fotovoltaica, transformando la energía solar en energía eléctrica en forma de corriente continua. Están formados por una variedad de celdas que se relacionan entre sí, tienen una vida útil de 25 años y están contruidos para soportar cualquier tipo de condiciones como las que se le dan al estar expuesto al aire libre y forman parte del sitio donde se encuentren.

2.8.2.2.1.1. Parámetros y características ¹⁹

Entre las cuales tenemos:

Corriente de cortocircuito (I_{sc})

La corriente de cortocircuito ocurre cuando la impedancia es aproximadamente cero (cortocircuito) y se calcula cuando el voltaje en el módulo PV es cero voltios.

La corriente de cortocircuito ocurre al principio de la polarización de la celda y representa el valor máximo de corriente en el cuadrante de potencia (I-V), la corriente de cortocircuito es la corriente total producida en la celda solar mediante irradiación solar; es decir, cuando la celda recibe la mayor excitación de fotones en su estructura interna.

Voltaje de circuito abierto (Voc)

El voltaje de circuito abierto (Voc) es el voltaje que se mide a través del panel cuando no pasa corriente por el panel; es decir, sin carga conectada en la salida. El voltaje Voc se define igualmente como el voltaje máximo en el cuadrante de potencia (I.V).

Potencia máxima (Pmax)

Desde la curva característica (I-V) es fácil calcular la potencia máxima que desarrolla el módulo fotovoltaico, la potencia en los puntos Isc y Voc es cero watts, si utilizamos la ecuación $P = VI$. La potencia máxima ocurre entre estos dos puntos, cuando la corriente y el voltaje tienen un valor de I_{MP} y V_{MP} , respectivamente.

¹⁸ <https://cumbrepuebloscop20.org>

¹⁹ Ramos López Humberto, y Luna Puente Rafael. Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la universidad tecnológica de salamanca, Chihuahua, México.

2.8.2.2.1.2. Curvas características²⁰

La curva característica de un panel fotovoltaico, también llamada curva de intensidad-voltaje (I-V), representa los valores de tensión y corriente, medidos experimentalmente, de un típico panel fotovoltaico sometido a unas determinadas condiciones constantes de insolación y temperatura.

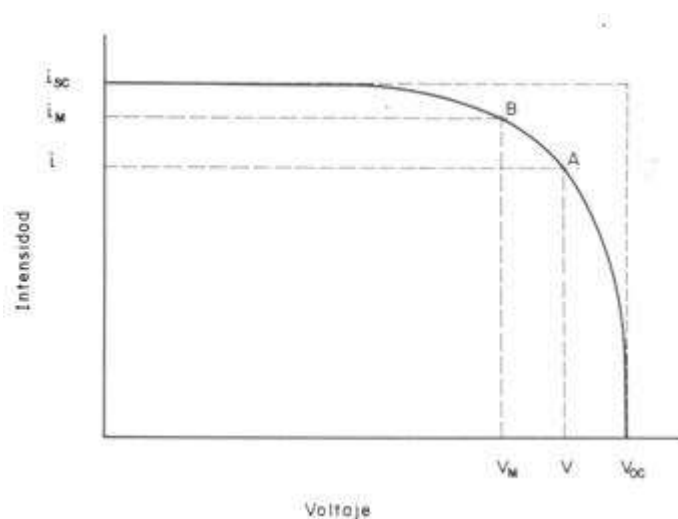


Figura N° 5. Curva I-V de tensión y corriente

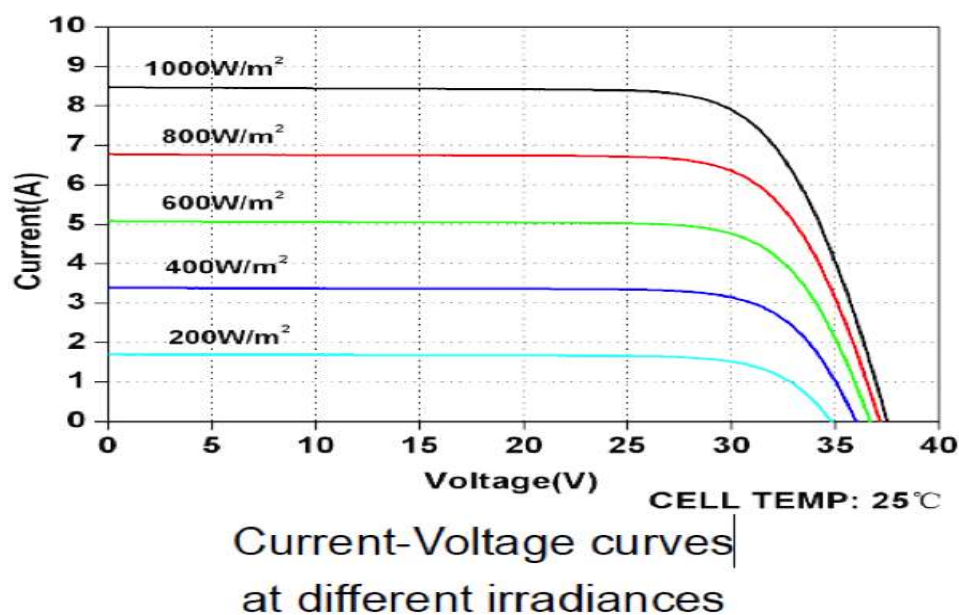
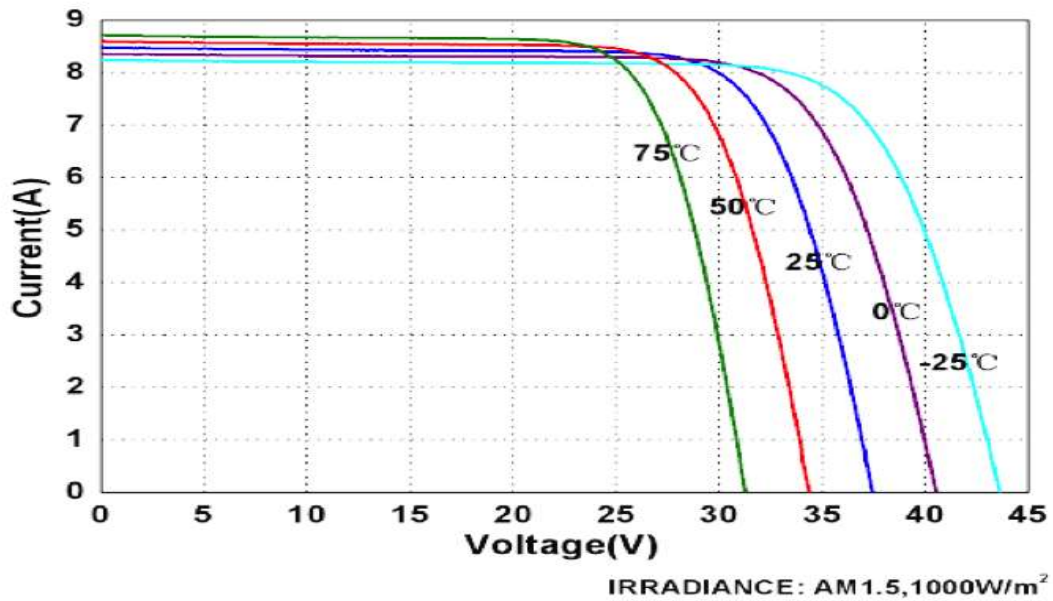
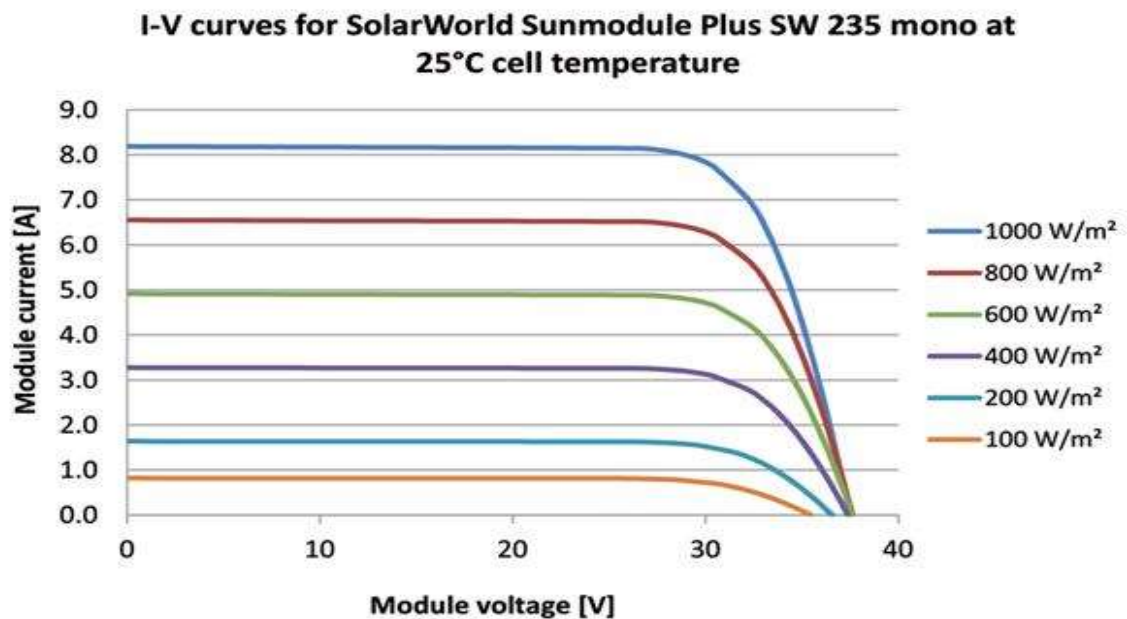


Figura N° 6. Curva I-V para diferentes irradiancias a 25 °C



Current-Voltage curves at different temperatures

Figura N° 7. Curva I-V para diferentes temperaturas a una irradiancia de 1000 W/m²



Curva i-V de un panel fotovoltaico monocristalino SOLARWORLD SW235 – 24 V. – 235 Wp

Figura N° 8. Curva I-V para un módulo fotovoltaico.

2.8.2.2.1.3. Orientación e inclinación ²¹

El generador fotovoltaico deberá contar con una orientación e inclinación particularmente adaptadas al lugar y a la aplicación. La orientación siempre será hacia el sur en el hemisferio norte y hacia el norte en el hemisferio sur. Sin embargo, la inclinación dependerá ahora, no solo de la latitud sino también del perfil de consumo. En general, la inclinación debe estar a unos 15° para conseguir que la lluvia pueda desplazar la suciedad acumulada en los paneles.

2.8.2.2.2. El inversor de conexión a red ²²

Los inversores son equipos eléctricos-electrónicos desarrollados para transformar el flujo de electrones de corriente directa a corriente alterna, empleando tecnología de electrónica de potencia. Los inversores interconectados a la red deben de acoplarse a las características eléctricas de la red a la que se están conectando, sincronizándose a los parámetros de tensión y frecuencia definidos por la red.

2.8.2.2.2.1. Etapas de operación de los inversores

La operación de los inversores conectados a la red se realiza a través de las siguientes unidades de trabajo.

²¹ Perpiñán Lamigueiro óscar. energía solar fotovoltaica; 2015

Control principal

Incluye todos los elementos de control general, los sistemas de generación de onda basados en sistemas de modulación de anchura de pulsos (PWM) y parte del sistema de protecciones.

Incluye todos los elementos de control general, los sistemas de generación de onda basados en sistemas de modulación de anchura de pulsos (PWM) y parte del sistema de protecciones.

Control principal

Incluye todos los elementos de control general, los sistemas de generación de onda basados en sistemas de modulación de anchura de pulsos (PWM) y parte del sistema de protecciones.

Incluye todos los elementos de control general, los sistemas de generación de onda basados en sistemas de modulación de anchura de pulsos (PWM) y parte del sistema de protecciones.

Etapas de potencia

Esta etapa puede ser única o modular en función de la potencia deseada. Se opta por la tecnología de baja frecuencia ya que ofrece buenos resultados con una alta fiabilidad y bajo costo. Además de incorporar un filtro de salida (LC), para filtrar la onda y evitar el rizado en el voltaje procedentes de los módulos.

²² Manual para la evaluación técnica económica de: Sistemas Fotovoltaicos Interconectados a la Red Apoyado Atreves del Programa de Fideicomiso de Riesgo Compartido.
<https://energypedia.info/GIZ-Manual-SF-Interconectado-Red-2015>.

Control de red

Es la interface entre la red y el control principal. Proporciona el correcto funcionamiento del sistema al sincronizar la forma de onda generada a la de la red eléctrica, ajustando tensión, fase, sincronismo, etc.

Seguidor de punto de máxima potencia (MPPT)

Es uno de los factores más importantes en un inversor. Su función es acoplar la entrada del inversor a los valores de potencia variable que produce el generador, obteniendo en todo momento la mayor cantidad de energía disponible, la máxima potencia.

Protecciones

De manera general los inversores deben estar protegidos ante tensión de red fuera de márgenes, frecuencia de red fuera de márgenes, temperatura de trabajo elevada, tensión baja del generador, intensidad del generador fotovoltaico insuficiente, fallo de la red eléctrica y transformador de aislamiento, además de las protecciones pertinentes contra daños a personas y compatibilidad electromagnética.

Monitorización de datos

Los inversores dispondrán de microprocesadores que les facilite una gran cantidad de datos tanto de los parámetros habituales (tensión, corriente, frecuencia, etc.) como de parámetros externos (radiación temperatura, ambiente, etc.) e internos (temperatura de trabajo).

2.8.2.2.2.2. Parámetros eléctricos de los inversores

Los principales parámetros habituales a tener en cuenta en un inversor son:

Tensión de entrada (V CD)

Normalmente, rango de tensión que entrega el AFV a los bornes de conexión de entrada del inversor. El rango de operación lo define el fabricante del inversor a partir de sus características eléctricas de operación. Los inversores sin transformador tienen un rango más amplio de tensión de entrada para su operación. El valor de tensión máxima permitido por la NOM-001-SEDE-2012 en SFVI en residencias es de 600 V CD.

Potencia nominal

Potencia que suministra el inversor en forma continua. Es importante revisar las unidades, ya que hay fabricantes que expresan la potencia aparente (volt Amper, VA) y otros la potencia real (Watts, W). Se puede estar trabajando el mismo valor de potencia, eso depende del valor del factor de potencia.

Capacidad de sobrecarga

Capacidad del inversor para suministrar una potencia superior a la nominal y el tiempo que puede mantener esa situación.

Factor de potencia

Cociente entre la potencia real y la potencia aparente a la salida del inversor. En el caso ideal, donde no se producen pérdidas por corriente reactiva, su valor

máximo es 1, es decir, estas condiciones son inmejorables para el suministro de corriente del inversor.

Eficiencia o rendimiento

Relación entre las potencias de salidas y entrada del inversor. La eficiencia mínima de un inversor para SFVI es 95%.

Autoconsumo

Es la potencia, en tanto por ciento, consumida por el inversor comparada con la potencia nominal de salida.

La cantidad de energía consumida por el propio inversor debe ser un criterio a observar para la selección de componentes del sistema en función de la calidad de los mismos.

Armónicos

Un armónico ideal es una frecuencia de onda, múltiplo de la frecuencia fundamental. Se debe tener en cuenta que, solo a frecuencia fundamental, se produce potencia activa.

Distorsión armónica

La distorsión armónica total o THD (Total Harmonic Distortion) es el parámetro que indica el porcentaje de contenido armónico de la onda de tensión de salida del inversor. El porcentaje máximo establecido en la UL 17141 es de 3%.

Rizado de corriente

Pequeña variación que se produce sobre el valor de la onda de corriente alterna al rectificarse o invertir una señal de CD a CA.

2.8.2.2.3. Clasificación de los inversores por su principio de funcionamiento ²³

Existen dos grupos:

Inversores conmutados por la red

Tienen como principio básico un puente de tiristores, se utilizan principalmente en automatización y son los más usados en grandes plantas fotovoltaicas.

Entre las ventajas de estos inversores destacan su sencillez de instalación, la finalidad que presentan, son más baratos que los auto conmutados, pueden trabajar en grandes potencias y sus desventajas pueden resolverse con sistema de filtrado más sencillo.

Entre las desventajas están el nivel de corriente reactiva que presenta, lo que supone factores de potencia por debajo de la unidad, un alto nivel de distorsión armónica y presentan vallas de conmutación en casos que se produzcan fallos de red.

Inversores autoconmutados

Se basan en un puente de materiales semiconductores que se pueden conectar y desconectar. Tienen ventajas como su alta seguridad, ya que un cortocircuito a la salida no les afecta, la señal de salida es claramente sinusoidal, no precisa de grandes sistemas de filtrado de la señal, generan una tensión y una corriente

totalmente en fase con la tensión de red y pueden compensar potencia reactiva, adelantando o retrasando la corriente respecto a la tensión de la red.

Como inconvenientes están una potencia máxima menor, aunque pueden conectarse en paralelo, un rendimiento más pequeño, y son más caros que los anteriores. Los inversores además de proporcionar una frecuencia correcta, deben regular la tensión de salida, haciéndola coincidir con unos valores de trabajo determinados.

2.8.2.2.2.4. Clasificación de los inversores por su funcionamiento ideal ²⁴

Inversor como fuente de corriente

Este tipo de inversor tiene una fuerte dependencia de la carga para funcionar correctamente. Para funcionar dentro de los márgenes de seguridad, precisan de una carga mínima conectada permanentemente. Sin embargo, ofrecen la ventaja de soportar cortocircuitos a la salida de unas demandas puntuales muy altas para el arranque del motor, sin que sufra daños en sus componentes.

Inversor como fuente de tensión

Este tipo de inversores no dependen de una carga para su funcionamiento. Precisa de protección ante cortocircuitos mediante un sistema de limitación de corriente. En cuanto a su topología interna, estos pueden adoptar tres esquemas distintos para el aislamiento entre la parte de continua y la de alterna, denominado también aislamiento galvánico.

²³ Cornejo Lalupu Héctor Armando. Sistema Solar Fotovoltaico de Conexión a red en el Centro Materno Infantil

Inversores centrales

La instalación fotovoltaica dispone de un único inversor, generalmente trifásico y de alta potencia.

Inversores modulares

También denominados “string inverters”, tienen potencia que oscilan entre 1 y 5 KW, y generalmente son monofásicos.

Inversores integrados en módulos fotovoltaicos o módulos AC

El inversor está integrado en la caja de conexiones o puede adherirse a un módulo FV.

Inversores multi string

Utilizadas para potencias elevadas, esta tecnología varias ramas se conectan a un inversor CC-CA común, a través de un convertidor CC-CC específico para cada una de las ramas. La potencia es de 3-10 KW, esta topología comparada con la de un inversor centralizado tiene las siguientes ventajas:

- Cada rama puede ser controlada individualmente
- Se logran mayores rendimientos
- Las aplicaciones son fáciles de conectar al generador solar ya existente.

²⁴ Cornejo Lalupu Héctor Armando. Sistema Solar Fotovoltáico de Conexión a red en el Centro Materno Infantil

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

3.1. Población y Muestra

3.1.1. Población: para el presente proyecto la población es la Institución Educativa Cristo Rey, ubicado en el Distrito de José Leonardo Ortiz Provincia de Chiclayo.

3.1.2. Muestra: para nuestro proyecto tanto la población como la muestra son iguales por lo que no se aplicara ninguna técnica muestral.

3.2. Diseño de contratación de hipótesis

En el presente trabajo de investigación el diseño es de tipo no experimental, que consiste en que no se manipularan en forma intencional las variables que se están estudiando si no que se observaran los elementos ya existentes para después analizarlos. Es también propositivo porque se realizará una propuesta del uso de energía no convencionales energía solar fotovoltaica y así mejorar la rentabilidad económica en la Institución Educativa Cristo Rey. El tipo de investigación en este proyecto de tesis será Aplicada, porque se emplearán las teorías ya establecidas en el entendimiento y solución práctica del problema.

3.3. Operación de variables

Tipo de variable	Concepto	Definición conceptual	Indicadores
Variable Independiente:	La energía proveniente del aprovechamiento de la radiación solar que mediante un dispositivo conocido como celda fotovoltaica y que gracias a un fenómeno conocido como efecto fotovoltaico se genera la energía eléctrica.	Se determinará la radiación solar promedio.	Radiación solar Promedio en (kw.h/m ² /día).
Variable dependiente:	Es un conjunto de dispositivos que gracias al aprovechamiento de la energía solar y utilizando conductores eléctricos de unas dimensiones apropiadas y dispositivos electromecánicos para la manipulación y control de la corriente lo transforma en energía eléctrica.	Se dimensionará el sistema solar fotovoltaico. Metrado. Presupuesto.	Máxima demanda. Energía promedio diaria en (kw.h). Metrado y presupuesto. Potencia de los paneles, capacidad de las baterías, e inversores.

3.4. Análisis estadístico e interpretación de los datos

Durante las visitas realizadas a la institución educativa cristo rey, se procesaron los datos utilizando hojas de cálculo en Excel. Los datos de radiación solar se obtienen de dos fuentes confiables las cuales son del Software Nastec Solar Calculator, y del Software Meteonorm 7.2 (extraído este último del Programa PVsyst 6.8.1-versión demo). Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se considera el menor valor de los datos provenientes de las dos fuentes, y se seleccionan los equipos a utilizar.

3.5. Técnica de muestreo

Para nuestro proyecto de investigación utilizaremos la técnica de muestreo no experimental, es decir, lo realizaremos sin manipular intencionalmente las variables la observación de los fenómenos será tal y como se dan para después analizarlos. El resultado de la investigación servirá de gran aporte al objeto de estudio.

CAPITULO IV

PROPUESTA DE LA INVESTIGACION

CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Propuesta de la investigación

El personal directivo de la Institución Educativa “Cristo Rey” tiene la iniciativa de promover el uso de las energías no convencionales. Por tanto, el autor de la tesis propone el aprovechamiento de la energía solar mediante la implementación de un sistema fotovoltaico y minimizar sus gastos de consumo de energía convencional.



Figura N°9: Visitando el taller de mecánica de producción

Determinar la demanda y consumo eléctrico promedio diario en la Institución Educativa Cristo Rey. Determinar la radiación solar promedio considerando dos fuentes de datos. Con respecto al equipamiento del sistema fotovoltaico se realizará las siguientes consideraciones:

4.1.1. Generador Fotovoltaico: Considerar paneles fotovoltaicos de reconocida marca y de una potencia comercializable y la capacidad del generador fotovoltaico lo suficiente como para lograr suministrar de energía eléctrica al colegio. Por ejemplo, de la marca Jinko solar 320 Wp policristal de potencia pico cada una.

4.1.2. El inversor interconectado: Este inversor de red dispone en su interior de un limitador de inyección cero el cual ofrece la seguridad de que no se inyecten excesos de electricidad en ningún momento además cumple con la normativa peruana de autoconsumo solar, se selecciona en función a la capacidad máxima de equipos que se usan a la vez. Por ejemplo, inversor symo 10.03 de la marca fronijs.

CAPITULO V

ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

5.1. Demanda de energía eléctrica y potencia instalada

Durante las visitas realizadas a la Institución Educativa “Cristo Rey” se determinó que el colegio cuenta con lo siguiente: Taller de producción, taller de costura, sala de computo, taller de industrias alimentarias, laboratorio de química, la iluminación total y el número horas de uso en los días laborables: 7 horas pedagógicas (45 minutos).



Figura N°10: Recopilación de datos de placas de maquinarias

5.2. Energía promedio diaria (Wh/día)

Entonces para determinar la energía promedio diaria se tendrá en cuenta la potencia de cada taller, y el número de horas de uso, además se considerará que todos los talleres y la iluminación se usan a la vez.

De los datos de los talleres y la iluminación tenemos lo siguiente:

Área de producción	Potencia Total (kW)
Taller de producción	9.56
Taller de costura	0.59
Sala de computo	4.40
Taller Industrias Alimentarias	3.15
Laboratorio de Química	1.53
Iluminación	8.40
	27.63

Tabla N° 1: Potencias de los talleres

Entonces:

Máxima demanda = 27630 W

El número de horas de trabajo se obtendrá como sigue:

$$N_{\text{horas}} = 7 \times 45 / 60 = 5,25$$



Figura N°11: Sala de cómputo de la I.E.

Luego la energía promedio diaria se obtiene de la siguiente ecuación:

$$E_{\text{carga}} = \text{Máxima demanda} \times N_{\text{horas}}$$

$$E_{\text{carga}} = 27630 \times 5,25 = 145057.50 \text{ Wh}$$

5.3. Radiación Solar en la institución educativa Cristo Rey

Software Meteonorm:

Brinda información de la radiación solar promedio diario. Los datos de entrada son la latitud y la longitud.

Longitud: -79.8424

Latitud: -6.7394

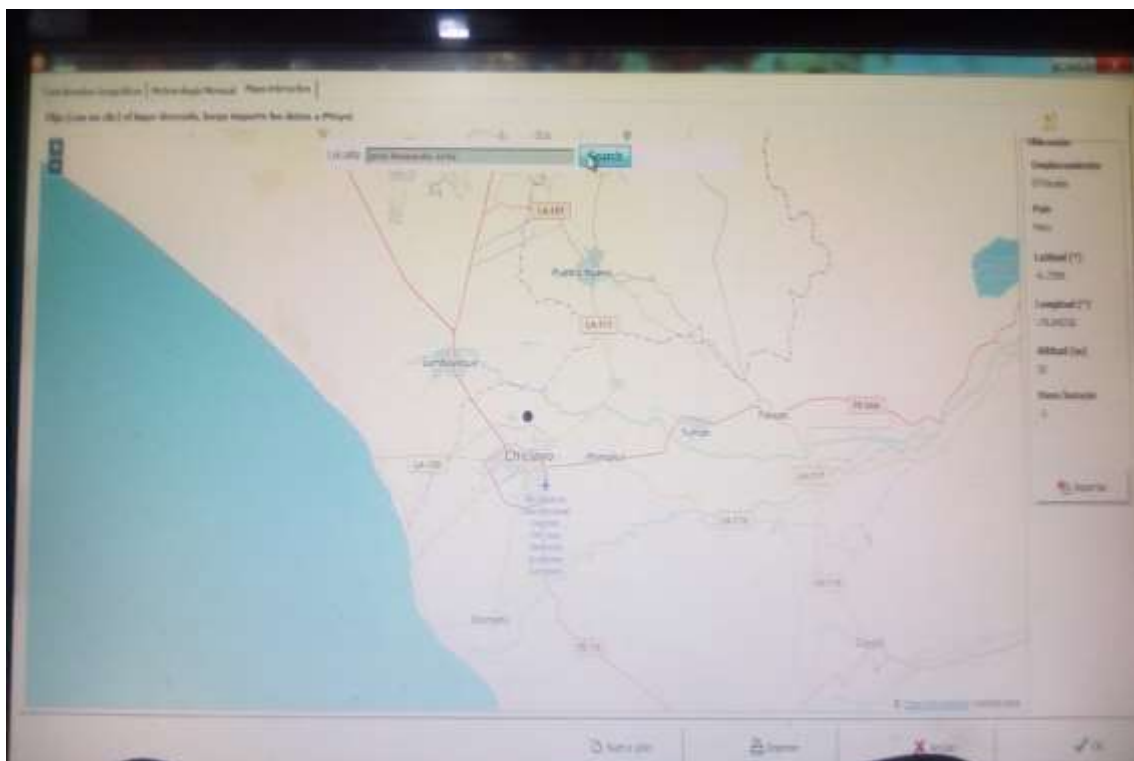


Figura N°12: Fuente software Meteonorm

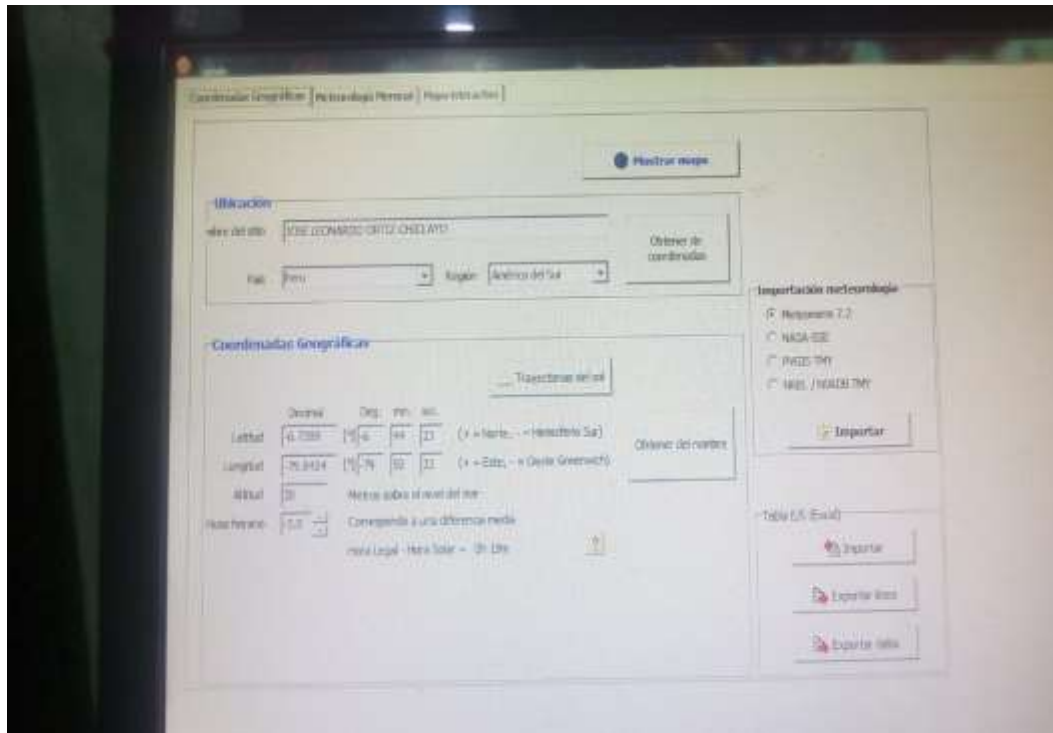


Figura N°13: Fuente software Meteonorm

Coordenadas Geográficas: Meteonorm 7.2 | Mapa interactivo

Sitio: JOSE LEONARDO ORTIZ (Peru)

Origen de datos: Meteonorm 7.2, Sat=100%

	Irradiación global horizontal kWh/m ² /día	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² /día	Temperatura °C	Velocidad del Viento m/s	Índice de turbulencia	Humedad Relativa %
Enero	6.23	2.81	24.3	5.20	4.530	72.2
Febrero	6.47	2.83	25.7	4.46	4.530	70.5
Marzo	6.53	2.46	26.7	4.75	4.333	70.8
Abril	6.52	2.32	28.4	5.00	4.234	70.6
Mayo	5.30	1.96	21.3	5.30	4.136	74.3
Junio	4.94	2.03	19.6	4.85	3.841	77.3
Julio	4.80	2.15	19.6	4.75	3.711	77.0
Agosto	3.14	2.38	19.4	4.90	3.962	76.9
Septiembre	6.04	2.52	18.3	5.00	4.629	76.8
Octubre	6.11	2.66	19.6	5.70	4.056	74.7
Noviembre	6.13	2.68	22.4	5.80	4.777	75.2
Diciembre	6.24	2.75	22.5	5.49	4.530	75.4
Año	5.86	2.45	21.7	5.1	4.333	74.4

Datos Requeridos

- ☒ Irradiación global horizontal
- ☒ Temperatura media

Datos adicionales

- ☒ Irradiación difusa horizontal
- ☒ Velocidad del viento
- ☒ Índice de turbulencia
- ☒ Humedad Relativa

Unidades de medida

- ☒ kWh/m²/día
- ☐ kWh/m²/mes
- ☐ kWh/m²/año
- ☐ °C/m/s
- ☐ m/s
- ☐ Índice de turbulencia

Botones: Nuevo sitio, Historial, Anular, OK

Tabla N° 2: Radiación solar con el Software Meteonorm 7.2

De la **Tabla N°2**, observamos que la radiación solar crítica es de: 4,80 Kwh/m²/día.

Software Nastec Solar Calculator (NSC):

Haciendo uso del software Nastec Solar Calculator se muestran los resultados de donde se obtiene que el valor de la radiación solar más baja es de 4,65 Kwh/m²/día.



Figura N°14: Fuente software Nastec Solar Calculator

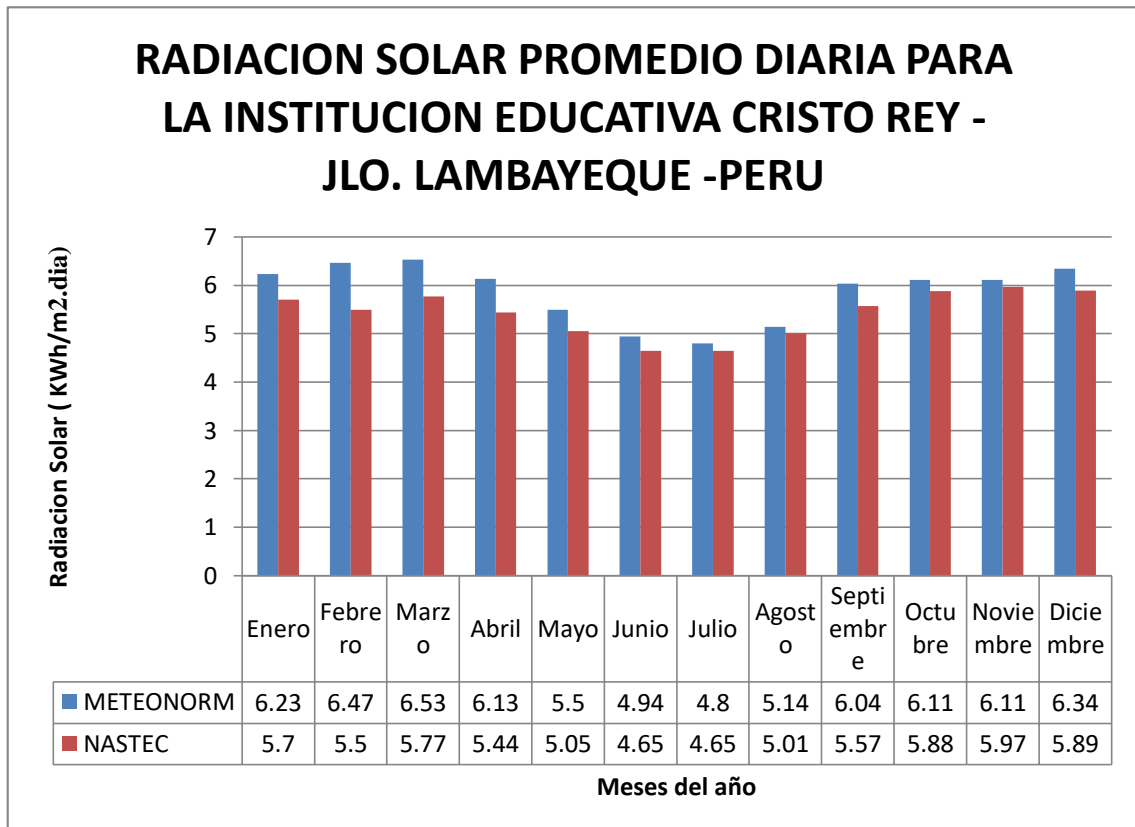
Seleccionar todo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
Promedio diario de la radiación solar [KWh/m ² /day] Para paneles inclinada mismo que la latitud	5.70	5.50	5.77	5.44	5.05	4.65	4.65	5.01	5.57	5.88	5.97	5.89	5.42
Temperatura ambiente máxima diaria [°C]	26.43	26.50	26.79	27.32	27.72	27.64	27.71	28.22	28.29	27.89	27.15	26.64	27.36
Temperatura ambiente diaria mínima [°C]	18.96	19.35	19.58	19.51	18.78	17.83	17.06	17.30	17.89	17.94	17.60	18.43	18.35
Temperatura media diaria [°C]	22.70	22.93	23.19	23.42	23.25	22.74	22.39	22.76	23.09	22.92	22.38	22.54	22.66

Tabla N° 3: Radiación solar con el Software Nastec Solar Calculator

De la **Tabla N° 3** observamos que la radiación solar crítica es de: 4,65 Kwh/m²/día

Comparando los resultados obtenidos de las dos fuentes tal como se muestra en la siguiente tabla N°4, que para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico la radiación solar a utilizar es de: **4,65 Kwh/m²/día**.

Tabla N° 4: Comparación de los datos de radiación solar de las dos fuentes



5.4. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Los pasos a seguir siempre para dimensionar el sistema fotovoltaico autónomo son siempre:

1. Estimación del consumo.
2. Datos de Radiación de la Zona.
3. Cálculo de módulos solares.

4. Cálculo de número de baterías.
5. Cálculo del regulador de carga.
6. Cálculo del inversor de potencia.

5.5. Antecedente del proyecto

Se requiere la instalación de módulos fotovoltaicos para minimizar el consumo eléctrico. Según el cuadro a continuación podemos observar la energía consumida por el colegio y el monto a pagar mes a mes.

Fuente: Elaboración propia

Se recopiló información de la institución y se pudo elaborar el siguiente cuadro

Periodo	Nro. Recibo	Fecha Emisión	Importe Mes (S/)	kW/h	kW/h.dia	Wh. Dia
2019-06	25138423521	1/01/2019	1504.60	2025.00	67.50	67500.00
2019-05	25138266958	3/02/2019	1549.90	2087.00	69.57	69566.67
2019-04	25138083713	3/03/2019	1480.00	2033.00	67.77	67766.67
2019-03	25137908920	2/04/2019	1353.20	1848.00	61.60	61600.00
2019-02	25137739926	4/05/2019	734.00	997.00	33.23	33233.33
2019-01	25137545835	4/06/2019	929.10	1272.00	42.40	42400.00
2018-12	25137376847	3/07/2019	1158.20	1607.00	53.57	53566.67
2018-11	25137193738	3/08/2018	1358.40	1896.00	63.20	63200.00
2018-10	25137037775	2/09/2018	1491.30	2127.00	70.90	70900.00
2018-09	25136874824	2/10/2018	1320.40	1871.00	62.37	62366.67
2018-08	25136706770	3/11/2018	1215.00	1716.00	57.20	57200.00
2018-07	25136525720	1/12/2018	1315.20	1842.00	61.40	61400.00

Tabla N° 5: Información de los recibos de luz de la I.E.

5.6. Alternativas a plantear

- Sistema fotovoltaico autónomo.
- Sistema fotovoltaico interconectado a la red (la que recomendaremos).

5.6.1. Cálculo de módulos fotovoltaicos para generación de energía en sistema autónomo (almacenamiento).

Carga de Referencia: 70900.00 Wh. Día (La máxima demanda).

Módulo seleccionado para cálculo: Jinko solar 320 Wp Policristal (Más comercial del mercado peruano, máxima potencia en el mercado, debido a la gran cantidad de energía y se requiere la menor cantidad de módulos fv).

Tabla N° 6: Características técnicas de los módulos fotovoltaicos

SPECIFICATIONS								
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum • Power • (Pmax)	305Wp	226Wp	310Wp	231Wp	315Wp	235Wp	320Wp	238Wp
Maximum • Power • Voltage • (Vmp)	36.8V	33.6V	37.0V	33.9V	37.2V	34.3V	37.4V	34.7V
Maximum • Power • Current • (Imp.)	8.30A	6.72A	8.38A	6.81A	8.48A	6.84A	8.56A	6.86A
Open-circuit • Voltage • (Voc)	45.6V	42.2V	45.9V	42.7V	46.2V	43.2V	46.4V	43.7V
Short-circuit • Current • (Isc)	8.91A	7.22A	8.96A	7.26A	9.01A	7.29A	9.05A	7.30A
Module • Efficiency • STC • (%)	15.72%		15.98%		16.23%		16.49%	
Operating • Temperature(°C)	-40°C~+85°C							
Maximum • system • voltage	1000VDC (IEC)							
Maximum • series • fuse • rating	15A							
Power • tolerance	0~+3%							
Temperature • coefficients • of • Pmax	-0.40%/°C							
Temperature • coefficients • of • Voc	-0.30%/°C							
Temperature • coefficients • of • Isc	0.06%/°C							
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C							



Figura N°15: Fuente: catalogo Jinko solar

Parámetros del diseño a considerar

RENDIMIENTO BATERÍA	0.95
Prof.de descarga max.dia.estac.	0.8
Prof.de descarga max.dia.	0.5
Rendimiento inversor	0.9
Rendimiento de conductores	1
Factor de seguridad	0.1
Factor Global de Rendimiento (0.65 - 0.9)	0.9
Radiación Mínima	4.65
Factor Global	0.85
Potencia Panel Seleccionado	320

Calculo del consumo diario medio

$$\text{Consumo medio diario} = \left[\frac{\frac{\text{Consumo corriente alterna (Wh)}}{0.9}}{(\text{Rend. Bateria}) (\text{Rend. Conductor})} \right] (\text{Factor de Seguridad})$$

$$\text{Consumo medio diario} = ((70900.00 \text{ Wh. día}/0.9) / (0.95*1)) * 1.1$$

$$\text{Consumo medio diario} = \mathbf{91216.37 \text{ Wh. Día}}$$

Calculo de número de paneles solares.

$$\text{Numero de Paneles Solares} = \frac{\text{Consumo medio diario}}{\text{Radiación x Factor Global x Pot. Panel Seleccionado}}$$

$$\text{Numero de paneles solares} = 91216.37 \text{ Wh. día} / (4.65 \text{ Kwh/m}^2/\text{día} * 0.85 * 320 \text{ Wp})$$

$$\text{Numero de paneles solares} = 72.12$$

$$\text{Numero de paneles solares} = 72$$

Esto indica la cantidad requerida para abastecer de forma autónoma el proyecto.

Cantidad de baterías recomendadas.

Capacidad de baterías recomendada: Batería Gel 260Ah, 12V Ritar.

Capacidad de baterías: descarga máx. diaria

$$\begin{array}{lcl} \text{Capacidad} & & \text{Consumo Medio Diaria} \\ \text{Nominal (Wh)} & = & \hline & & \text{Prof. De descarga máx. día. X Rend. Conductor} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Descarga máxima diaria} & & \text{Capacidad Nominal Wh} \\ & = & \hline & & \text{Tensión del sistema} \end{array}$$

Capacidad de Baterías: Estacional

$$\begin{array}{lcl} \text{Capacidad Nominal (Wh)} & & \text{Consumo Medio Diario x Días de Autonomía} \\ & = & \hline & & \text{Prof. de descarga max.estac.} \end{array}$$

$$\text{Descarga máxima estacional} = \frac{\text{Capacidad Nominal (Wh)}}{\text{Tensión del sistema}}$$

CAPACIDAD DE BATERÍAS	
Capacidad Nominal Wh	182432.75
Capacidad Nominal Ah	15202.73
DESCARGA MÁXIMA DIARIA	15202.73
CANTIDAD DE BATERIAS DE 260AH	58.47
Capacidad Nominal Wh	114020.47
Capacidad Nominal Ah	9501.71
DESCARGA MÁXIMA ESTACIONAL	9501.71
CANTIDAD DE BATERIAS DE 260AH	36

Se elige siempre la mayor cantidad.

Sistema de control para módulos solares:

Se requiere 72 unidades de módulos de 320Wp; se puede seleccionar un módulo de control comercial que proporcione una carga continua para las baterías; en el mercado peruano podemos encontrar distintos módulos de control de 10 amperios hasta 80 amperios. Dentro de los de 80 amperios se puede seleccionar un controlador MPPT que permite una conexión de módulos en paralelo de hasta 150 voltios. Podemos utilizar los equipos Victron Energy 150/85A.

85A @ 40 °C (104 °F)
12V: 1200W /24V: 2400W /36V: 3600W /48V: 4850W

Se cuenta con una potencia instalada de 23,040Wp de potencia instalada al poder soportar 4850W por equipo entonces se requeriría 4,75 unidades; por lo tanto, se

requerirían 5 unidades más aún para una uniformidad. Todos los controladores necesitan tener los mismos números de paneles; por lo tanto, se trabajarían con 75 unidades de 320Wp.

Inversor de Potencia:

El inversor de potencia se selecciona en función a la capacidad máxima de equipos que se usan a la vez; mayormente se selecciona teniendo en cuenta un cuadro de cargas y agregándole el 20% de potencia.

5.6.2. Calculo de módulos fotovoltaicos para generación de energía en sistema conectado a la red:

Este tipo de sistema es aquel que se utiliza conectado a la red eléctrica convencional, consta de cierta cantidad de módulos solares, un sistema de inversor de potencia interconectado. Este inversor de red dispone en su interior de un limitador de inyección cero el cual ofrece la seguridad de que no se inyecten excesos de electricidad en ningún momento además cumple con la normativa peruana de autoconsumo solar. Por tanto, es necesario que el inversor de red controle cualquier energía sobrante, ya que la legislación actual penaliza la energía que exceda y se vierta a la compañía eléctrica.

Alternativa de Generación:

Se realizará un diseño de sistema fotovoltaico interconectado a la red para la generación de energía del 50% del total de la carga.

Para tal fin utilizaremos una marca reconocida de inversor interconectado a red como lo es Fronius, este equipo viene con su software especializado que permite seleccionar la Cantidad óptima de módulos para su funcionamiento.

Módulos Fotovoltaicos

Para la generación del 50% de energía se requiere una cantidad mínima de 36 unidades de 320Wp.

Inversor Interconectado

Para el uso de inversores fronijs se selecciona en función a la potencia del inversor.

Inversor SYMO 10.03 desde 26 módulos de 320Wp

Inversor SYMO 12.05 desde 32 módulos de 320Wp

Inversor SYMO 20.00 desde 51 módulos de 320Wp

La configuración de los módulos fotovoltaicos está en función al software de la misma marca. Para nuestro caso utilizaremos el inversor SYMO 10.03, que se encarga de sincronizarse con la onda de la red eléctrica y aporta la energía que va captando desde los paneles para ser consumida directamente.

Tabla N° 7: Características técnicas del inversor

← → C https://fronius.solarconfigurator.de/solarconfigurator/quick

Frontius SOLAR CONFIGURATOR 4.0 LOG IN REGISTER NOW EN = HELP =

PLANNING OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS
DIMENSIONING MADE EASY

PV MODULE **INVERTER** **GENERAL**

PV module manufacturer: JinkoSolar Holding Co. Ltd.

Model: JKA-320PP-72-V (55B) EAGLE

Number of PV modules (M1 & M2): 30 0

Module temperature (min. - max. / °C): -10 70

Country: Peru

Series: All inverters

Type: Symo 10.0-3-M

Inverter ratio: (min. - max. / %): 80 120

Project name: 2019-07-17_3242

Storage: Without

Annual power consumption (kWh): 4000

Load profile: Employed

Sizing options

28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
8.96 kWp	9.20 kWp	9.60 kWp	9.92 kWp	10.34 kWp	10.56 kWp	10.95 kWp	11.20 kWp	11.52 kWp	11.84 kWp	12.16 kWp
RR=90%	RR=91%	RR=94%	RR=97%	RR=100%	RR=103%	RR=100%	RR=110%	RR=113%	RR=116%	RR=119%



Figura N°16: Fuente: Manual fronius

<https://fronius.solarconfigurator.de/solar.configurator/quick>

5.7. Angulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos

Para determinar el ángulo de inclinación, sabiendo que la latitud es: $-6,7394^{\circ}$

Aplicamos la siguiente formula:

$$\beta = 3,7 + (0,69 \times |- \phi|)$$

β = ángulo óptimo de inclinación

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

Entonces:

$$\beta = 3,7 + (0,69 \times |-6,7394|)$$

$$\beta = 8.4^{\circ}$$

Por lo tanto, $8,4^{\circ}$ sería el ángulo optimo y es la inclinación que deben tener los paneles solares para recolectar la mayor cantidad de energía solar durante el día, pero debido al polvo y a la humedad y con la finalidad que no se adhieran al panel fotovoltaico es que se debe considerar un ángulo de 15° y así facilitar que la lluvia retire la suciedad acumulada.

5.8. Cuadro de energía demanda /oferta del proyecto

Potencia instalada:

$$36 \text{ Módulos de } 320\text{Wp} = 11520\text{Wp}$$

$$\text{Generación de Paneles (Wh. día)} = \text{HPS} \times \text{Potencia Instalada} \times 0.89$$

MESES	CONSUMO DIARIO	HPS	ENERGÍA GENERADA	CONSUMO MENSUAL	GENERACIÓN ENERGÍA MENSUAL	PORCENTAJE DE ENERGÍA GENERADA
ENERO	70900.00	5.7	58440.96	2127000.00	1753228.80	82%
FEBRERO	70900.00	5.5	56390.40	2127000.00	1691712.00	80%
MARZO	70900.00	5.77	59158.66	2127000.00	1774759.68	83%
ABRIL	70900.00	5.44	55775.23	2127000.00	1673256.96	79%
MAYO	70900.00	5.05	51776.64	2127000.00	1553299.20	73%
JUNIO	70900.00	4.65	47675.52	2127000.00	1430265.60	67%
JULIO	70900.00	4.65	47675.52	2127000.00	1430265.60	67%
AGOSTO	70900.00	5.01	51366.53	2127000.00	1540995.84	72%
SEPTIEMBRE	70900.00	5.57	57108.10	2127000.00	1713242.88	81%
OCTUBRE	70900.00	5.88	60286.46	2127000.00	1808593.92	85%
NOVIEMBRE	70900.00	5.97	61209.22	2127000.00	1836276.48	86%
DICIEMBRE	70900.00	5.89	60388.99	2127000.00	1811669.76	85%

Tabla N° 8: Fuente: elaboración propia

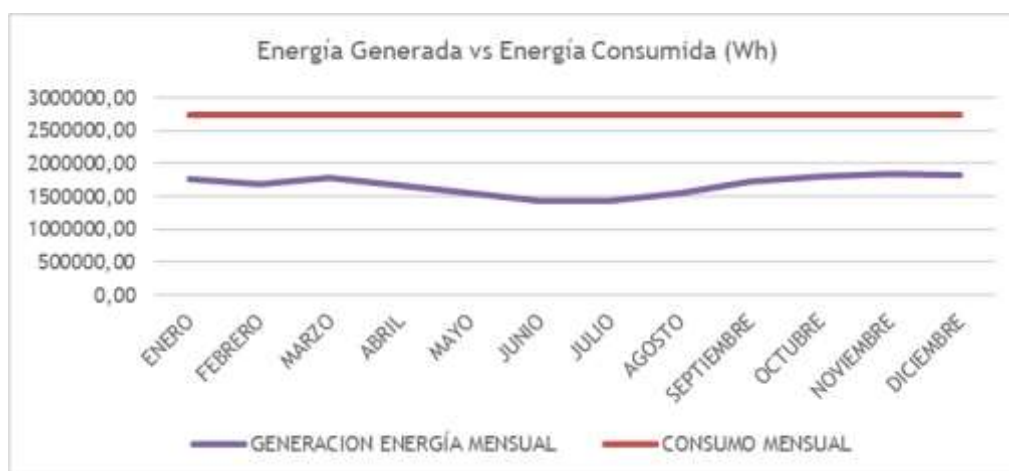


Figura N°17: Fuente: Datos de radiación Nastec

Según el diseño Fronius la conexión es 2 filas de 18 módulos de 320Wp conectadas en serie directamente al inversor.

MPPT DETAILS

	A + B
String (str. x mod.)	2 x 18
Isc at 25 °C	18.10 A
Umpp at 70 °C	556.69 V
Uoc at -10 °C	925.82 V
Umpp at 25 °C	673.20 V
Pmpp at 25 °C	11.52 kWp
String fuses required	no

Tabla N° 9: Fuente: Diseño fronius

5.9. Metrado y Presupuesto

Metrado del sistema fotovoltaico interconectado a la red.

Descripción de equipamiento interconectado	Cant.	Sub total S/.	Total S/.
Panel solar Jinko solar 320Wp	36.00	890.00	32,040.00
Cable #06 para módulos solares rojo	30.00	8.00	240.00
Cable #06 para módulos solares negro	30.00	8.00	240.00
Cable #06 inversor negro, 1 kv x16mm ²	35.00	24.00	840.00
Cable #06 inversor rojo, 1 kv x16mm ²	35.00	24.00	840.00
Tablero de control de gabinete	1.00	4,200.00	4,200.00
Estructura panel solar	1.00	3,800.00	3,800.00
Inversor Symo 10.03	1.00	14,900.00	14,900.00
		Total	57,100.00

Tabla N° 10: Fuente: Elaboración propia.

Costo total del sistema fotovoltaico interconectado

Ítem	Descripción	Total S/.
01	Suministro de materiales	57,100.00
02	Montaje electromecánico	3,200.00
03	Trasporte de materiales	1,200.00
Costo total incluido IGV		61,500.00

Tabla N° 11: Fuente: Elaboración propia

5.10. Rentabilidad del proyecto.

Inversión inicial: 61,500.00 nuevos soles. Amortización del sistema: 5.05 años.

Periodo	Fecha Emisión	Importe Mes	kW/h	kW/h.día	Porcentaje de energía generada	Ahorro de pago mensual	Pago mens. de energía luego de instalación
2019-06	1/01/2019	1504.60	2025.00	67.50	82%	S/.	S/.
						1,240.20	264.40
2019-05	3/02/2019	1549.90	2087.00	69.57	80%	S/.	S/.
						1,232.71	317.19
2019-04	3/03/2019	1480.00	2033.00	67.77	83%	S/.	S/.
						1,234.91	245.09
2019-03	2/04/2019	1353.20	1848.00	61.60	79%	S/.	S/.
						1,064.53	288.67
2019-02	4/05/2019	734.00	997.00	33.23	73%	S/.	S/.
						536.02	197.98
2019-01	4/06/2019	929.10	1272.00	42.40	67%	S/.	S/.
						624.76	304.34
2018-12	3/07/2019	1158.20	1607.00	53.57	67%	S/.	S/.
						778.81	379.39
2018-11	3/08/2018	1358.40	1896.00	63.20	72%	S/.	S/.
						984.15	374.25
2018-10	2/09/2018	1491.30	2127.00	70.90	81%	S/.	S/.
						1,201.20	290.10
2018-09	2/10/2018	1320.40	1871.00	62.37	85%	S/.	S/.
						1,122.74	197.66
2018-08	3/11/2018	1215.00	1716.00	57.20	86%	S/.	S/.
						1,048.93	166.07
2018-07	1/12/2018	1315.20	1842.00	61.40	85%	S/.	S/.
						1,120.22	194.98
		S/.				S/.	S/.
		15,409.3				12,189.19	3,220.11

Tabla N° 12: Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se calculó la energía promedio diaria que necesita la Institución Educativa el cual fue de 145057.50 Wh/día; y su máxima demanda fue de 27630 W.
- Se obtuvieron los valores de HSP de dos fuentes confiables de radiación solar; del Software Meteonorm 7.2 (versión demo) del cual se tomó el valor más crítico del mes que fue de 4.80 Kwh/m²/día, y del Software o Programa Nastec Solar Calculator se tomó el valor más crítico del mes que fue de 4.65 Kw/m²/día. Se consideró el menor de los dos el cual fue de 4.65 Kw/m²/día.
- El sistema fotovoltaico está conformado por 36 paneles solares de la marca Jinko Solar de 320 Wp de potencia pico cada uno, 01 inversor Symo 10.03 de la marca Fronius.
- Se calculó el presupuesto de inversión del proyecto basándose en precios reales del mercado el cual fue de 61,500.00 nuevos soles.
- Este sistema fotovoltaico es una buena alternativa de generación de energía eléctrica, esto debido a que no contamina el medio ambiente, además de no generar CO₂.

6.2. Recomendaciones

- Se debe de considerar la radiación solar mínima del lugar en donde se desea implementar un sistema fotovoltaico para así poder satisfacer la demanda de consumo de energía eléctrica.
- Tener en cuenta que no debe haber ningún obstáculo que haga sombra sobre los paneles fotovoltaicos.
- Mantener limpia la parte expuesta a los rayos solares de los paneles fotovoltaicos, y así obtener una buena captación de radiación solar.
- Se debe de realizar una limpieza mensual a los paneles fotovoltaicos o después de algún fenómeno imprevisto por la naturaleza.

Referencias Bibliográficas

- ATLAS PERU. Incidencias de radiación anual.
- Barredo J. Informe Anual 2016: El tiempo de la energía solar fotovoltaica. 2016
- Base de datos de irradiancia o radiación solar Global para sistemas fotovoltaicos (Programa o software PVsyst 6.8.1-versión demo).
- Bravo Damián Víctor Yampier, y Dany Javier Gamarra Vílchez. Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía de los laboratorios de ingeniería electrónica en la Universidad Nacional Pedro Ruiz, Lambayeque.
- Cornejo Lalupu Héctor Armando. Sistema Solar Fotovoltaico de Conexión a red en el Centro Materno Infantil de la Universidad de Piura.
- Correa Montenegro Hilton Jhoel, y Gonzales Silva Víctor Juan. Diseño de un Sistema Fotovoltaico Autónomo para la Generación de Energía Eléctrica en la Institución Educativa N°287 de la Comunidad Nativa Villa Gonzalo, Distrito Rio Santiago, Provincia de Condorcanqui, Departamento de Amazonas.
- Escobedo León Romel Ashanty. Implementación de un sistema fotovoltaico para un laboratorio de cómputo en el colegio nacional “Coloso y Emblemático Jaén de Bracamoros-Jaén-Cajamarca”.
- Google earth.
- <http://GeoEnciclopedia.com>
- <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num10/art67/int67.htm>.
- <https://atersa.shop> ›como-funciona-una-célula-fotovoltaica.
- <https://cumbrepuebloscop20.org> > energías > energía solar.
- <https://energypedia.info>>GIZ-Manual-SF-Interconectado-Red-2015.
- <https://Solar-energia.net> › definiciones › inversor.
- <https://www.ecured.cu>

- <https://www.vix.com ›btg ›curiosidad ›que-es-el-efecto-fotoeléctrico>.
- Indeco. Catálogo de cables NYY –Dúplex. s.f.
- Madrid C. Guía de la Energía Solar. Madrid: Dirección General de Industrias, Energía y Minas, Consejería de Economía e Innovación Tecnológica; 2006.
- Manual para la evaluación técnica económica de: “Sistemas Fotovoltaicos Interconectados a la Red Apoyados a Través del Programa de Fideicomiso de Riesgo Compartido.
- Perpiñán Lamigueiro O. Energía Solar Fotovoltaica; 2015.
- Programa o Software Nastec.
- Ramos López Humberto, y Luna Puente Rafael. Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la universidad tecnológica de Salamanca, Chihuahua, México.
- Senamhi. Atlas de energía solar del peru.2003.

ANEXOS

Anexo N° 01. Radiación solar en el departamento de Lambayeque.

Anexo N° 02. Ficha técnica de los paneles solares Jinko Solar de 320 Wp.

Anexo N° 03. Ficha técnica del inversor Fronius Symo de 10.03.

Anexo N° 04. Catálogo de cables NYY.

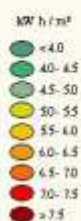
Anexo N° 05. Plano de ubicación de la Institución Educativa Cristo Rey.

Anexo N° 06. Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico interconectado.

Anexo N° 07. Panel fotográfico.

**ANEXO N° 01. RADIACION SOLAR EN EL DEPARTAMENTO DE
LAMBAYEQUE.**

LAMBAYEQUE



FEBRERO

MAYO

AGOSTO

NOVIEMBRE


 REPÚBLICA DEL PERÚ
 SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
 PENAMARCA
 DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES
ENERGÍA SOLAR INCIDENTE DIARIA
 Departamento de Lambayeque
 (1975-1990)
 LUIS A. PARRA
 DICIEMBRE 2006



ANEXO N° 02. FICHA TECNICA DE LOS PANELES SOLARES JINKO SOLAR
DE 320 Wp

JKM320PP-7 05-320

POLY CRYSTALLINE

Positive power tolerance of 0/+3 %

ISO9001:2008 & ISO14001:2004



KEY FEATURES



High Power Output:

Polycrystalline 72-cell module achieves a power output up to 320Wp.



Anti-PID Guarantee:

Limited power degradation of Eagle module caused by PID effect is guaranteed under 60% RH condition for mass production.



Low-light Performance:

Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.



Severe Weather Resilience:

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



Durability against extreme environmental conditions:

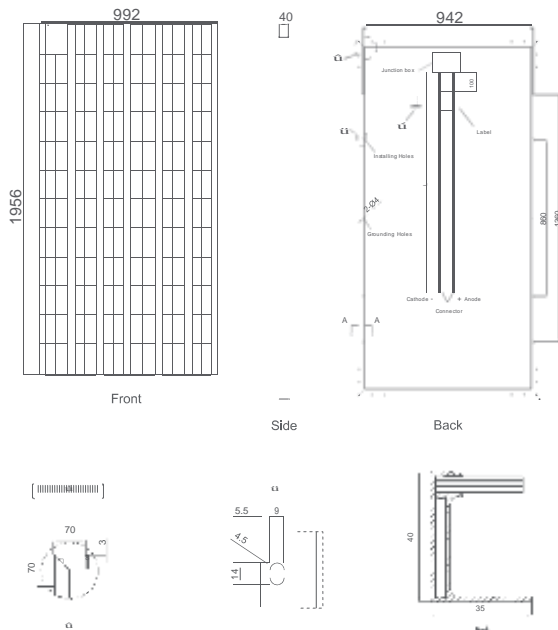
High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.



Temperature Coefficient:

Improved temperature coefficient decreases power loss during high temperatures.

Engineering Drawings

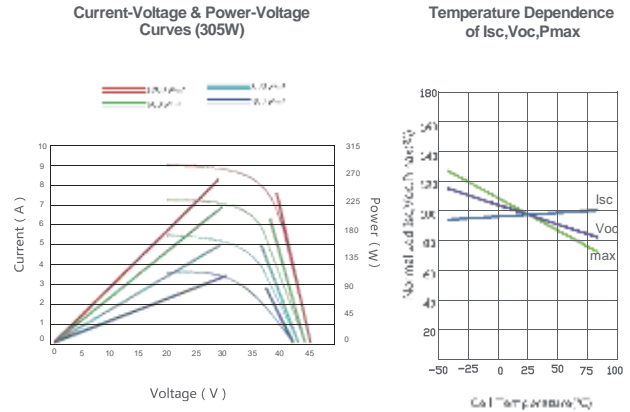


Packaging Configuration

Two boxes=One pallet

25pcs/Box, 50pcs/pallet, 550pcs/40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type Poly-crystalline 156×156mm (6 inch)

No. of Cells 72 (6×12)

Weight 26.5kg (58.4lbs.)

Front Glass 4.0mm, High Transmission, Low Iron, Tempered

Frame Glass

Junction Box Anodized Aluminium Alloy

Output Cables IP67 Rated

TUV 1×4.0mm; Length: 900mm

SPECIFICATIONS

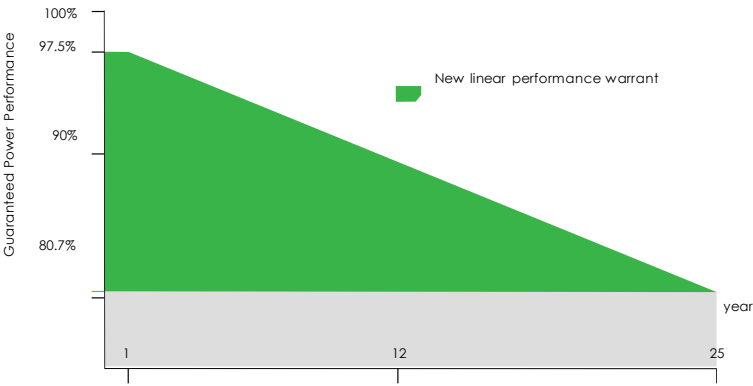
Module Type□	JKM305PP		JKM310PP		JKM315PP	JKM320PP	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	STC	NOCT
Máximum Power□Pmax)	305Wp	226Wp	310Wp	231Wp	315Wp	320Wp	238Wp
Maximum□Power□Voltage□Vmp)	36.8V	33.6V	37.0V	33.9V	37.2V	37.4V	34.7V
Maximum□Power□Current□Imp)	8.30A	6.72A	8.38A	6.81A	8.48A	8.56A	6.86A
Open-circuit□Voltage□Voc)	45.6V	42.2V	45.9V	42.7V	46.2V	46.4V	43.7V
Short-circuit□Current□Isc)	8.91A	7.22A	8.96A	7.26A	9.01A	9.05A	7.30A
Module□Efficiency□STC□%	15.72%		15.98%		16.23%	16.49%	
Operating□Temperature(°C)	-40°C~+85°C						
Maximum□System□Voltage	1000VDC (IEC)						
Maximum□Series□Fuse□Rating	15A						
Power□Tolerance	0~+5%						
Temperature□Coefficients□dfPma	-0.40%/°C						
Temperature□Coefficients□dfVoc	-0.30%/°C						
Temperature□Coefficients□dfIsc	0.06%/°C						
Nominal□Operating□Cell□Temperat ure□NOCT)	45 ±2 °C						

* Power measurement tolerance:
± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. EN-MKT-320PP_rev2015

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



ANEXO N° 03. FICHA TECNICA DEL INVERSOR FRONIUS SYMO DE 10.03

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS SYMO

Máxima flexibilidad para las aplicaciones de mañana



PC Board
Proceso de
reemplazo

Tecnología
SnapINverter

Comunicación
de datos
integrados

Diseño
Superflex

Smart Grid &
Certificación
NEC 2014

Dynamic Peak
Mánager

AFCI
Integrado



Con categorías de potencia del 10 al 24 kW, el inversor trifásico sin transformador Fronius Symo es una perfecta solución compacta para aplicaciones comerciales. Su doble seguimiento del punto de máxima potencia, alta tensión máxima del sistema, amplio rango de voltaje de entrada y el uso sin restricciones en interiores y exteriores garantiza la máxima flexibilidad en el diseño del sistema fotovoltaico. Como miembro de la nueva familia SnapINverter, el Fronius Symo cuenta con el sistema de montaje SnapINverter, lo que permite instalaciones y servicios de campo seguros y convenientes. Las características líderes en la industria ahora vienen de serie con el Fronius Symo, incluyendo: protección de arco, monitorización inalámbrica integrada e interfaces SunSpec Modbus para el seguimiento y registro de datos a través de la plataforma móvil o en línea Fronius, Solar.web. Esto hace al Fronius Symo uno de los inversores con mayor conectividad, eficiencia y de fácil uso en el mercado. La versión SYMO Light no incluye la tarjeta de monitoreo integrada.

DATOS TÉCNICOS

DATOS GENERALES	ESTÁNDAR PARA TODOS LOS MODELOS SYMO	DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN ESTÁNDAR PARA TODOS LOS MODELOS SYMO	
Dimensiones (ancho x alto x largo)	72.5 x 51.0 x 22.5 cm	AFCI & Conformidad NEC 2014	
Envoltorio	NEMA 4X	Interrupción de falla a tierra por monitorización de aislamiento	
Consumo nocturno	< 1 W	Desconexión de CD	
Tecnología del inversor	Sin transformador	Polaridad inversa CD	
Enfriamiento	Ventilador de velocidad variable	INTERFACES	DISPONIBILIDAD
Instalación	Interior y Exterior	USB (Socket tipo A)	Estándar
Temperatura ambiente admisible	-40 a 60°C	2x RS422 (RJ45 socket)	Estándar
Humedad relativa admisible	0 - 100 % (sin condensación)	WiFi* / Ethernet / Serie / Datalogger y servidor web	Opcional
Terminales de conexión CD	6x CD+ y 6x CD- terminales de tornillo para cobre (sólido / trenzado / trenzado fino) o aluminio (sólido / trenzado)	6 E/S digitales configurables + 4 entradas digitales + 1 contacto de relé	Opcional
Terminales de conexión CA	Términales de tornillo 14-6 AWG	DISPONIBLE EN TODOS LOS MODELOS SYMO	
Certificaciones y cumplimiento de estándares (Excepto Symo 15.0 208)	UL 1741-2010; UL 1998 (para funciones: AFCI, RCMU y monitorización de aislamiento), IEEE 1547.1-2003, IEEE 1547.1-2008, ANSI/IEEE C62.41, FCC Parte 15 A y B; NEC 2014 Artículo 690, C22.2 No. 107.1-01 (Septiembre 2001), UL1699B Issue 2-2013, CSA TIL M-07 Issue 1-2012	Registro de datos y actualización de firmware via USB	
Certificaciones y cumplimiento de estándares Fronius Symo 15.0 208	UL 1741-2015; UL 1998 (para funciones: AFCI, RCMU y monitorización de aislamiento), IEEE 1547-2003, 1547.1-2003, IEEE 1547.1-2008, ANSI/IEEE C62.41, FCC Parte 15 A y B; NEC 2014 Artículo 690, C22.2 No. 107.1-01 (Septiembre 2001), UL1699B Issue 2-2013, CSA TIL M-07 Issue 1-2013	Fronius Solar.Net; protocolo de interfaz	
		Estandar inalámbrico 802.11 b/g/n Fronius Solar.web, SunSpec Modbus TCP, JSON / SunSpec Modbus RTU	
		Gestión de cargas eléctricas; encendido de señales, E/S multipropósito	

DATOS DE ENTRADA CD		SYMO 10.0-3 208/240	SYMO 12.0-3 208/240	SYMO 10.0-3 480	SYMO 12.5-3 480	SYMO 15.0-3 208
Peso (kg)		41.7		34.8		35.8
Potencia FV Recomendada (kWp)		8.0 - 13.0	9.5 - 15.5	8.0 - 13.0	10.0 - 16.0	12.0 - 19.5
Máxima corriente de entrada nominal (MPPT1/MPPT2)		25.0 A / 16.5 A				50.0 A
Máxima corriente (MPPT1 + MPPT2)		41.5 A				50.0 A
Máxima corriente de entrada admisible (MPPT1/MPPT2)		37.5 A / 24.8 A				75.0 A
Rango de tensión de operación		300 - 500 V		300 - 800 V	350 - 800 V	325 - 850 V
Máxima tensión de entrada		600 V		1000 V		
Tensión nominal de entrada	208	350V	350V	-	-	-
	240	370 V	370 V	-	-	325 V
	480	-	-	675 V	685 V	-
Tamaño de conductor admisible de CD		AWG 14 – AWG 6 Cobre directo , AWG 6 Aluminio directo, AWG 4 Cobre o Aluminio con combinador de entrada				
			240 V - 480 V			270 V - 480 V
Rango de tensión MPP		200 V - 480 V			250 V - 480 V	
Número de MPPT		2				1

DATOS TÉCNICOS

DATOS DE SALIDA CA		SYMO 10.0-3 208/240	SYMO 12.0-3 208/240	SYMO 10.0-3 480	SYMO 12.5-3 480	SYMO 15.0-3 208
Potencia máxima de salida	208 V	9995 VA	11995 VA	-	-	15000 VA
	240 V	9995 VA	11995 VA	-	-	-
	480 V	-	-	9995 VA	12495 VA	-
Máxima corriente de salida	208 V	27.7 A	33.3 A	-	-	41.6 A
	220 V	26.1 A	31.5 A	-	-	39.4 A
	240 V	24.0 A	28.9 A	-	-	-
	440 V	-	-	13.1 A	16.4 A	-
	480 V	-	-	12.0 A	15.0 A	-
OCPD / Breaker CA recomendado	208 V	35 A	45 A	-	-	60 A
	240 V	30 A	40 A	-	-	-
	480 V	-	-	15 A	20 A	-
Eficiencia máxima		97.0 %		98.1 %		97.3%
Eficiencia CEC	208 V	96.5 %		-	-	96.5 %
	240 V	96.5 %		-	-	-
	480 V	-		96.5 %	97.0 %	-
Tamaño de conductor de CA admisible		AWG 14 - AWG 6				
Tensión de red		208 / 220 / 240 V Delta		480V Delta + N**		208 / 220 V Delta
Frecuencia nominal		60 Hz				
Distorsión armónica Total		< 1.5 %	< 1.75 %		< 1.5 %	< 3.5 %
Factor de potencia (cos φ _{ac.v})		1 (ajustable - 0.85 ind./0.85 cap.)				

DATOS DE ENTRADA CD	SYMO 15.0-3 480	SYMO 17.5-3 480	SYMO 20.0-3 480	SYMO 22.7-3 480	SYMO 24.0-3 480
Potencia FV recomendada (kWp)	12.0 - 19.5	14.0 - 23.0	16.0 - 26.0	18.0 - 29.5	19.0 - 31.0
Máxima corriente de entrada nominal (MPPT1/MPPT2)	33.0 A / 25.0 A				
Máxima corriente total MPPT1 + MPPT2 (Usando kit de conector CD)	51 A				
Máxima corriente de entrada admisible (MPPT1/MPPT2)	49.5 A / 37.5 A				
Portafusibles incluidos CD	6- y 6+ incluidos (4,251,006)				
Rango de voltaje MPP	350 - 800 V	400 - 800 V	450 - 800 V	500 - 800 V	
Tensión de operación	200 - 1000 V				
Máximo tensión de entrada	1000 V				
Tensión nominal de entrada	480 V	685 V	695 V	710 V	720 V
Tamaño de conductor admisible de CD	AWG 14 - AWG 6 cobre directo, AWG 6 aluminio directo, AWG 4 - AWG 2 cobre o aluminio con combinador de entradas				
Número de MPPT	2				

DATOS DE SALIDA CA		SYMO 15.0-3 480	SYMO 17.5-3 480	SYMO 20.0-3 480	SYMO 22.7-3 480	SYMO 24.0-3 480
Máxima potencia de salida						
	480 V	14995 VA	17495 VA	19995 VA	22727 VA	23995 VA
Máxima corriente de salida						
	480 V	18.0 A	21.0 A	24.0 A	27.3 A	28.9 A
OCPD / Breaker CA recomendado						
	480 V	25 A	30 A		35 A	40 A
Máxima eficiencia		98%				
Eficiencia CEC						
	480 V	97.0 %		97.5 %		
Tamaño de conductor de CA admisible		AWG 14 - AWG 6				
Tensión de red		480V Delta + N**				
Frecuencia nominal		60 Hz				
Distorsión armónica Total		< 1.5 %	< 1.25 %	< 1.0 %	1.25 %	< 1.0 %
Factor de potencia (cos $\phi_{ac,r}$)		1 (ajustable - 0.85 ind./ 0.85 cap.)				

* El término Wi-fi es una marca registrada de la alianza Wi-fi

** Neutro indispensable para su correcto funcionamiento.

Nota: Información válida para México, Belize, Guatemala, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Costa Rica y Panamá

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES UNIDADES DE NEGOCIO CON UN MISMO OBJETIVO: ESTABLECER LOS ESTÁNDARES MEDIANTE EL AVANCE TECNOLÓGICO.

/ Lo que comenzó en 1945 como una operación unipersonal ahora establece estándares tecnológicos en los campos de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica y carga de baterías. Hoy la compañía tiene alrededor de 3.800 empleados en todo el mundo y 1.242 patentes para el desarrollo de productos muestran el espíritu innovador dentro de la empresa. El desarrollo sostenible significa para nosotros implementar aspectos ambientales relevantes y sociales por igual con los factores económicos. Nuestro objetivo se ha mantenido constante durante todo el tiempo para ser el líder de innovación.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo, visite www.fronius.mx

Fronius México S.A. de C.V.
Fronius Monterrey
Carretera Monterrey Saltillo 3279
Privadas de Santa Catarina
66367 Santa Catarina, N.L. México
Teléfono +52 81 8882 8200
pv-sales-mexico@fronius.com
www.fronius.mx

ANEXO N° 04. CATALAGO DE CABLES NYY

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 dúplex 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 les 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 secuencia I >

Calibre

6 mm² – 500 mm²

Embalaje

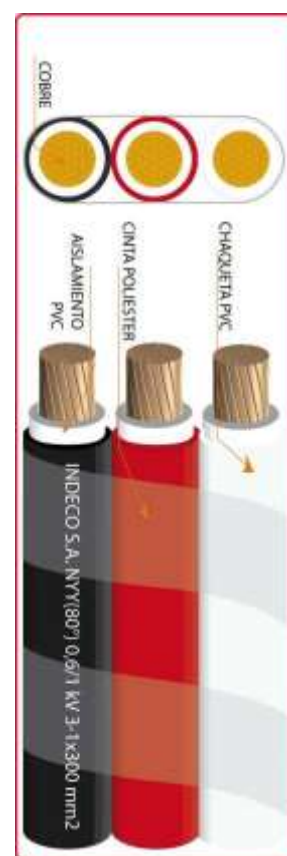
En carretes de madera, en longitudes requeridas

Colores

Aislamiento: Blanco

Cubierta: Dúplex: 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



empresa nexans

TABLA DE DATOS TECNICOS NYY DUPLEX

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

DATOS TECNICOS NYY TRIPLE

CALIBRE	Nº HILOS	ESPESORES		DIMENCIONES		PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA	ALTO	ANCHO		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm²		mm	mm	mm	mm	(Kg/ Km)	A	A	A
3 - 1 x 6	1	1	1.4	7.8	23.2	324	7	5	5
3 - 1 x 10	1	1	1.4	8.6	25.7	455	9	7	7
3 - 1 x 16	7	1	1.4	9.8	29.1	672	1	100	102
3 - 1 x 25	7	1.2	1.4	11.4	33.9	992	1	131	132
3 - 1 x 35	7	1.2	1.4	12.4	37.1	1298	1	161	157
3 - 1 x 50	19	1.4	1.4	14.1	4	1707	2	196	186
3 - 1 x 70	19	1.4	1.4	15.7	46.8	2339	2	250	222
3 - 1 x 95	19	1.6	1.5	18.2	54.3	3209	3	306	265
3 - 1 x 120	37	1.6	1.5	19.9	59.5	3975	3	356	301
3 - 1 x 150	37	1.8	1.6	21.7	64.9	4836	4	408	338
3 - 1 x 185	37	2	1.7	24.1	7	6027	4	470	367
3 - 1 x 240	37	2.2	1.8	27	80.8	7825	5	562	426
3 - 1 x 300	37	2.4	1.9	29.8	89.3	9736	6	646	480
3 - 1 x 400	61	2.6	2	33.2	99.4	12336	7	790	555
3 - 1 x 500	61	2.8	2.1	36.9	110.4	15590	8 2	895	567

(*) Temperatura del suelo: 20°C
 Temperatura ambiente: 30°C
 Temperatura en el conductor: 80°C
 Resistividad del suelo: 1 $\Omega \cdot m/W$

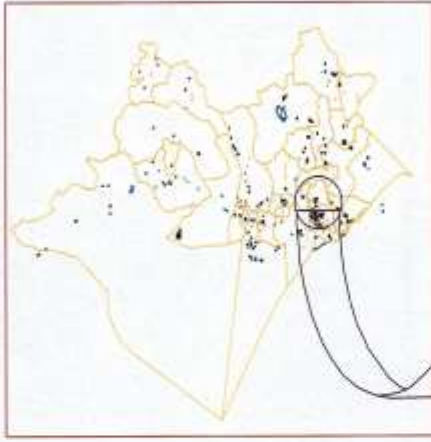
ANEXO N° 05. PLANO DE UBICACIÓN DE LA INSTITUCION EDUCATIVA
CRISTO REY



PLANO DE UBICACION



DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE



ZONA DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO

Dirección: Bach. Luis A. Barboza Cuervo

Escala: 1:500

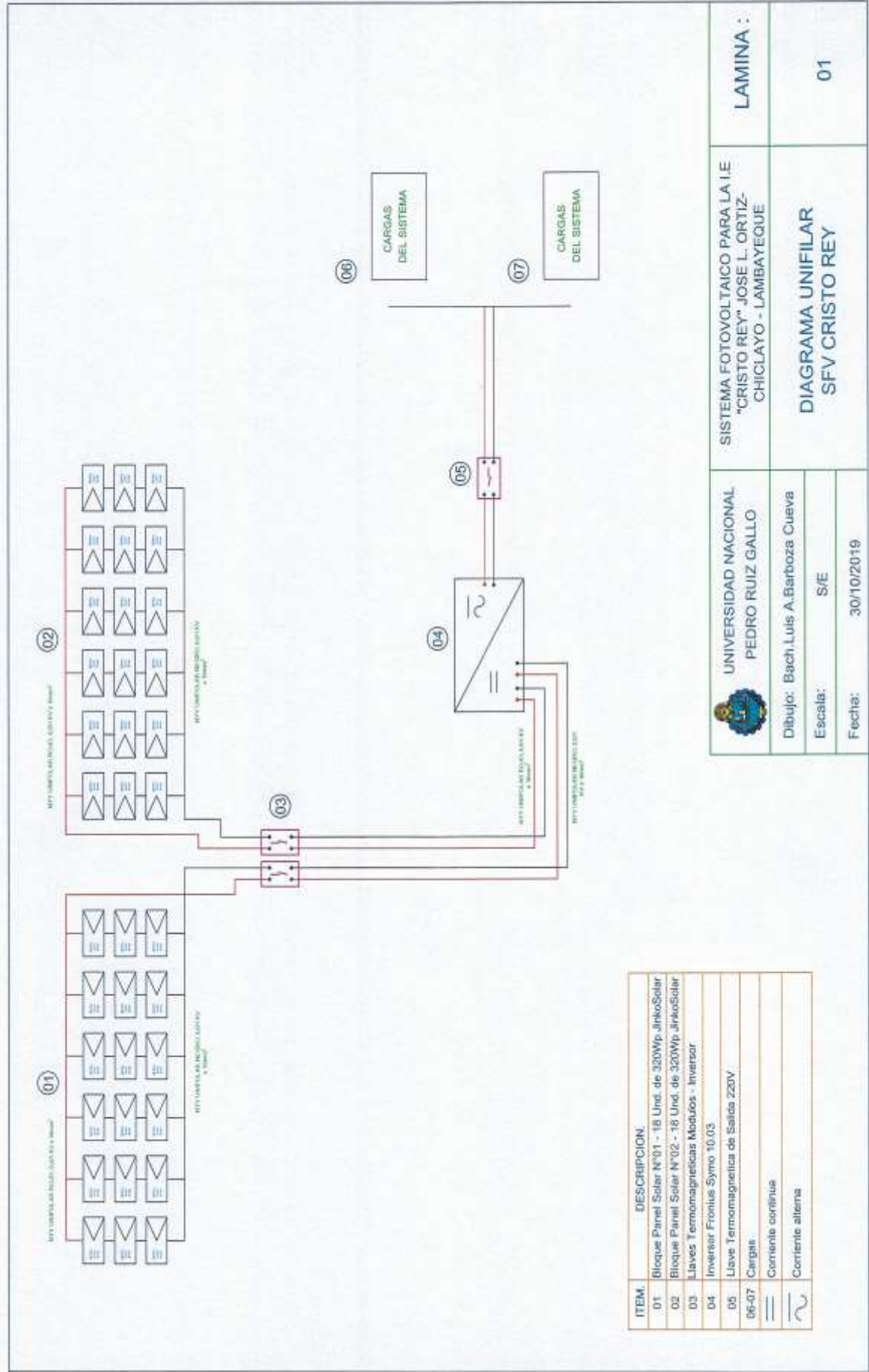
PLANO DE UBICACION

LAMINA :

INSTITUCION EDUCATIVA
CRISTO REY

01

ANEXO N° 06. DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO



ITEM.	DESCRIPCION.
01	Bloque Panel Solar N°01 - 18 Und. de 320Wp JinkoSolar
02	Bloque Panel Solar N°02 - 18 Und. de 320Wp JinkoSolar
03	Llaves Termomagnéticas Módulos - Inversor
04	Inversor Fronius Symo 10.03
05	Llave Termomagnética de Salidas 220V
06-07	Cargas
	Corriente continua
	Corriente alterna

 UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO	SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA I.E "CRISTO REY" JOSE L. ORTIZ- CHICLAYO - LAMBAYEQUE	LAMINA : 01
	Dibujo: Bach Luis A. Barboza Cueva Escala: S/E Fecha: 30/10/2019	

DIAGRAMA UNIFILAR
SFV CRISTO REY

ANEXO N° 07. PANEL FOTOGRAFICO



Sub-estación monoposte de donde se alimenta la I.E Cristo Rey.



Fachada de la I.E. Cristo Rey.



Máquina de soldar utilizada en el taller de Mecánica de Producción



Tomando datos de las maquinas del taller de Mecánica de Producción



Amoladora marca Crown utilizada por los alumnos de la I.E.



Taller donde practican los alumnos de la I.E.



Remalladora del taller de costura donde practican las alumnas de la I.E.



Laboratorio de computo donde se les enseña a todos los estudiantes de la I.E.



Telescopio utilizado en el laboratorio de la I.E.



Taller de industrias alimentarias donde se les enseña a todos los estudiantes.



Toma fotográfica de la parte interna de la I.E. Cristo Rey.



Toma fotográfica de la I.E.



Zona estratégica donde reciclan los envases de plástico.



Ambiente hecho para zona de reciclaje de toda la I.E.