



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica

**Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico
Off Grid de un ecohotel en el caserío de Cumbrec,
provincia de Huaraz**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista

AUTOR

Franck Killerman LUNA LAURENCIO

ASESOR

Mg. Alfredo ROCHA JARA

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Luna, F. (2024). *Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico Off Grid de un ecohotel en el caserío de Cumbrec, provincia de Huaraz*. [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Franck Killerman Luna Laurencio
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41994609
URL de ORCID	No Aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Alfredo Rocha Jara
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08645523
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-0006-9684
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Jesus Huber Murillo Manrique
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07206585
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Jose Luis Mejia Olivas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10053479
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Luis Mark Rudy Ponce Martinez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08117818
Datos de investigación	
Línea de investigación	No Aplica
Grupo de investigación	No Aplica
Agencia de financiamiento	No Aplica

Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Ancash Provincia: Huaraz Distrito: Huanchay Caserio: Cumbrec. Latitud: -9.729665. Longitud: -77.850988
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 - Lima 1 - Perú



ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

ACTA N°016/FIEE-CTGT/2024

Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 01 de febrero del 2024, como presidente de Jurado el **MG. JOSE LUIS MEJIA OLIVAS**, integrado por el Miembro de Jurado el **MG. LUIS MARK RUDY PONCE MARTINEZ** el Miembro de Jurado **MG. JESUS HUBER MURILLO MANRIQUE** y Miembro Asesor el **MG. ALFREDO ROCHA JARA**

Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del Bach. **FRANCK KILLERMAN LUNA LAURENCIO** con código N° **2190129** que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID DE UN ECOHOTEL EN EL CASERÍO DE CUMBREC, PROVINCIA DE HUARAZ**

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo de

14
(Catorce)

Ciudad Universitaria, 01 de febrero del 2024

MG. JOSE LUIS MEJIA OLIVAS
Presidente Jurado

MG. LUIS MARK RUDY PONCE MARTINEZ
Miembro Jurado

MG. JESUS HUBER MURILLO MANRIQUE
Miembro Jurado

MG. ALFREDO ROCHA JARA
Miembro Asesor



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado



CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Alfredo Rocha Jara en mi condición de asesor acreditado con el Acta de Sustentación de trabajo de Suficiencia Profesional N°016/FIEE-CTGT/2024 del Trabajo de Suficiencia Profesional cuyo título es. DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID DE UN ECOHOTEL EN EL CASERIO DE CUMBREC, PROVINCIA DE HUARAZ, presentado por el bachiller Franck Killerman Luna Laurencio, para optar al título profesional de Ingeniero Electricista. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 19% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**. Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Firma del Asesor

DNI: 08645523

Nombres y apellidos del asesor:

Mg. Alfredo Rocha Jara



DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como principal objetivo diseñar e implementar un sistema fotovoltaico off grid en el caserío de Cumbrec, provincia de Huaraz. A la hora de dimensionar el sistema fotovoltaico se debe detallar el estudio de máxima demanda del hotel considerando todo el equipamiento para el confort. Del mismo modo calcular la radiación solar usando bases de datos, a la vez calcular la hora solar pico, ángulo de inclinación, orientación y la superficie disponible para la instalación del SF. A continuación, se calcula la cantidad de paneles solares, baterías, la selección del conexionado de los módulos fotovoltaico y la selección de regulador e inversor para su buen funcionamiento.

Por último, al analizar el VAN, la TIR y el tiempo de recuperación de los proyectos durante varios años, se presenta un análisis de rentabilidad

Palabras clave: Off grid, sistema fotovoltaico, máxima demanda, hora solar pico, rentabilidad.

ABSTRACT

The objective of this professional work is to design and implement an off-grid photovoltaic system in the hamlet of Cumbrec, province of Huaraz. To carry out the sizing of the photovoltaic system, a maximum demand study for the echotel must be developed, considering all the comfort equipment. In the same way, calculate solar radiation using databases, at the same time calculate the peak solar time, inclination angle, orientation and the surface available for the installation of the SF. Next, the number of solar panels, batteries, the selection of the connection of the photovoltaic modules and the selection of regulator and inverter for proper functioning are calculated. Finally, the profitability study of the project is presented through an analysis based on NPV, IRR and recovery period of the project investment.

Keywords: Photovoltaic system, off grid, maximum demand, solar peak hour, profitability.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
TABLA DE CONTENIDO	v
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABLAS	viii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Definición de problema y presentación de objetivo	1
1.2 Estructura de informe de suficiencia profesional	1
CAPITULO II INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	3
2.1 Institución donde se desarrolla la actividad	3
2.2 Periodo de duración de la actividad	3
2.3 Finalidad y objetivo de la entidad	3
2.4 Razón social	4
2.5 Dirección postal	4
2.6 Correo electrónico del personal a cargo	4
CAPITULO III DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	5
3.1 Organización de la actividad	5
3.2 Finalidad y Objetivo de la actividad	5
3.2.1 <i>Finalidad</i>	5
3.2.2 <i>Objetivos general</i>	6
3.2.3 <i>Objetivos específicos</i>	6
3.3 Problemática	6
3.3.1 <i>Problema general</i>	6
3.3.2 <i>Problema específico</i>	7
3.4 Metodología	7
3.4.1 <i>Bases teóricas</i>	7
3.4.2 <i>Marco conceptual</i>	10

	6
3.5 Procedimiento	27
3.6 Resultado de la actividad	28
3.6.1 <i>Ubicación</i>	28
3.6.2 <i>Oferta de energía solar</i>	29
3.6.3 <i>Cálculo de la demanda</i>	30
3.6.4 <i>Potencia de generación fotovoltaicos</i>	32
3.6.5 <i>Cantidad de paneles solares</i>	33
3.6.6 Dimensionamiento del banco de batería	38
3.6.7 Selección del regulador de carga	41
3.6.8 Selección del inversor	44
3.6.9 Dimensionamiento del cable	45
3.6.10 Puesta a tierra del sistema fotovoltaico	46
3.6.11 Protecciones del sistema fotovoltaico	47
CAPITULO IV CONCLUSIONES	51
4.1 Justificación	51
4.1.1 Evaluación económica	52
4.2 Descripción de la implementación	56
4.3 Conclusiones	57
CAPITULO V RECOMENDACIONES	59
CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA	60
CAPITULO VI: ANEXOS	62

LISTA DE FIGURAS

Figura1: Estructura del sol.	11
Figura2 Espectro electromagnético y clasificación de región espectral.	11
Figura3 Determinación de la constante solar.	13
figura4 Explicación del término de masa de aire.	13
figura5 Espectro solar fuera y dentro de la atmosfera.	14
Figura7 Variación de la radiación extraterrestre en un año.	16
Figura 8 Radiación directa, radiación difusa, radiación reflejada.	17
Figura 9: dirección del haz de radiación. .	20
Figura 10 Día típico de cada mes.º	21
Figura 11: Ecuación del tiempo	23
Fiigura12 Influencia de la inclinación del eje de la Tierra en la altura solar y la latitud. Altura solar para el solsticio de verano e invierno.	24
Figura13 Altura solar, ángulo cenital, ángulo azimut. .	25
Figura 15 Ubicación del ecohotel.	29
figura 16: Arreglo fotovoltaico del sistema	35
Figura 17: Especificaciones técnicas del panel solar Marca: JINKO SOLAR Modelo: JKM450M-6TL4	38
Figura 18: Configuración del banco de batería	40
figura 19: ficha técnica de la batería seleccionada	41
Figura 20: Ficha técnica del regulador de tensión	44
figura 21 : Ficha técnica del inversor	45
Figura 22: Ficha técnica de fusible	48
Figura 23: Ficha técnica del ITM DC	49
Figura 24: Ficha técnica interruptor termomagnético	50
Figura 25: ficha técnica del G.E	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Irradiación Global Mensual, Fuente: Pvgis-Nsrdb	29
Tabla 2 La Hora Solar Pico (Hsp) Es La Energía Que Recibimos En Horas Por M2 Fuente: Propia	30
Tabla 3 La Hora Solar Pico (Hsp) Máximo, Mínimo, Promedio	30
Tabla 4 Cuadro De Carga Del Ambiente	31
Tabla 5 Cuadro De Carga Bomba Hidráulica	31
Tabla 6 Cuadro De Carga Azotea	31
Tabla 7 Cuadro De Carga Tablero Fotovoltaico	32
Tabla 8 Características Del Sistema Fotovoltaicos	33
Tabla 9: Cantidad De Módulo De Paneles Solares	34
Tabla 10 : Potencia De Generación Fotovoltaica, Potencia De Generación Fotovoltaica Máximo, Potencia De Generación Fotovoltaico Noct.	37
Tabla 11: Cantidad De Baterías Del Sistema	40
Tabla 12 Cuadro De La Capacidad Del Banco De Batería Calculado (C, Bb) Y Seleccionado (Csist) Del Sistema	41
Tabla 13: Parámetros Eléctricos Para La Selección Del Regulador:	43
Tabla 14 : Potencia Generación Fotovoltaico Noct, Potencia De La Máxima Demanda, Tensión Del Sistema	45
Tabla 15 Selección De Cable	46
Tabla 16: Presupuesto Del Sistema Fotovoltaico Off Grid	53
Tabla 17: Características Técnicas De Operación G.E	54
Tabla 18: Flujo De Caja Para Hallar El Van Del G.E	72
Tabla 19: Flujo De Caja Para Hallar El Van Sf Off Grid	74
Tabla 20: Flujo De Caja Diferencial Entre G.E Vs Sf Off Grid – Retorno De La Inversión – Tir	76
Tabla 21: Representación Flujo De Caja Del G.E	55
Tabla 22: Representación Flujo De Caja Del Sf Off Grid	55

Tabla 23: Representación Flujo Comparativo G.E Vs Sf Off Grid

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Definición de problema y presentación de objetivo

El turismo vivencial conecta al ser humano y el medio que lo rodea, genera valor económico dentro de una sociedad, y en su medida impulsa el consumo de energías renovables. Los ecohoteles logran incentivar el turismo vivencial dentro de una localidad, muchos de los ecohoteles tienen problema al acceso de la energía eléctrica debido a que las redes están alejadas de la zona de consumo. En ese sentido, los sistemas fotovoltaicos surgen como una solución para garantizar el abastecimiento de energía eléctrica.

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema fotovoltaico off grid en el caserío de Cumbrec, provincia de Huaraz. Para realizar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se debe desarrollar el análisis de la demanda máxima del hotel considerando todo el equipamiento para el confort. Del mismo modo calcular la radiación solar usando bases de datos, a la vez calcular la hora solar pico, ángulo de inclinación, orientación y la superficie disponible para la instalación del SF. A continuación, se calcula la cantidad de paneles solares, baterías, la selección del conexionado de los módulos fotovoltaico y la selección de regulador e inversor para su buen funcionamiento.

1.2 Estructura del informe del trabajo de suficiencia profesional

El presente informe de suficiencia profesional consta de cinco capítulos.

En el primer capítulo, escribiremos la definición del problema y la presentación del objetivo, como la implementación de los sistemas fotovoltaicos es la solución para abastecer de energía eléctrica a un ecohotel que ayudara a incentivar el turismo vivencial de la zona; además se detallara la estructura del presente informe.

En el segundo capítulo; se menciona la ubicación y el contexto donde se desarrolló el proyecto, se menciona a la empresa y sus objetivos para la implementación del sistema fotovoltaico para abastecer de energía eléctrica a un ecohotel.

En el tercer capítulo, se describe los problemas generales, específicos, y objetivos; el estudio de máxima demanda; calcular la radiación solar, la hora solar pico, ángulo de inclinación, orientación y la superficie disponible para la instalación del SF, dimensionar las cantidades de paneles solares, baterías, la selección del conexionado de los módulos fotovoltaico y la selección de regulador e inversor.

En el cuarto capítulo, presentamos las justificaciones del proyecto, la metodología para el diseño e implementación del sistema fotovoltaico, la evaluación económica y técnica, la descripción de la implementación y las conclusiones del proyecto.

En el quinto capítulo, anotamos las recomendaciones para el buen funcionamiento del diseño e implementación del sistema fotovoltaico para abastecer de energía eléctrica para un ecohotel en el caserío de Cumbrec, provincia de Huaraz.

CAPITULO II INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

2.1 Institución donde se desarrolla la actividad

El presente informe de suficiencia profesional se realizó bajo la dirección de la empresa MEP SOLUTION SAC. La empresa se dedica a diseñar e implementar proyectos de instalaciones eléctricas, sanitarias, Hvac para el rubro de construcción.

Dirección Legal: Jr. Atahualpa Nro. 235 en el distrito de Pueblo Libre

Caserío: Cumbrec.

Provincia: Huaraz.

Departamento: Áncash.

2.2 Periodo de duración de la actividad

El periodo de diseño y ejecución se realizó en el 2021 y tuvo una duración de 2 meses.

2.3 Finalidad y objetivo de la entidad

La empresa tiene como objetivo proporcionar a sus clientes las mejores soluciones a sus necesidades técnicas con altos estándares de seguridad y calidad en instalaciones eléctricas, sanitarias y de climatización, utilizando la última tecnología y un equipo de expertos.

Son personas altamente capacitadas que ayudan en la generación de oportunidades de empleo y la protección del medio ambiente.

2.4 Razón social

MEP SOLUTION SAC

2.5 Dirección postal

Jr. Atahualpa Nro. 235 en el distrito de Pueblo Libre

2.6 Correo electrónico del personal a cargo

Nombre del Gerente: Julio Mendez Sanchez

Correo electrónico del profesional a cargo: Jmendez@mepsolution.pe

CAPITULO III DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Organización de la actividad

La organización de la actividad fue planteada de la siguiente manera:

- Verificación de la zona de trabajo, ubicación.
- Calcular la hora solar pico mediante la base de dato NSRBD.
- Realizar el estudio de la máxima demanda.
- Dimensionar y seleccionar las cantidades de los paneles solares
- Dimensionar y seleccionar las cantidades de las baterías.
- Dimensionar y seleccionar el tipo de regulador
- Dimensionar y seleccionar el tipo de inversor.
- Dimensionar y seleccionar las protecciones.
- Realizar la evaluación económica.

3.2 Finalidad y Objetivo de la actividad

3.2.1 Finalidad

La finalidad del presente trabajo es diseñar e implementar un sistema fotovoltaico off grid para suministrar de energía eléctrica a un ecohotel en el caserío de Cumbrec.

3.2.2 *Objetivos general*

Diseñar e implementar un Sistema fotovoltaico que suministrara energía eléctrica a un ecohotel en el caserío de Cumbrec.

3.2.3 *Objetivos específicos*

- Desarrollar el estudio de máxima demanda en el diseño del Sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en el ecohotel en el caserío de Cumbrec.
- Calcular la radiación solar mediante base de datos en el diseño de sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en el ecohotel en el caserío de Cumbre
- Establecer el dimensionamiento de los equipos del diseño de Sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en el ecohotel en el caserío de Cumbre
- Determinar la evaluación económica del diseño de Sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en el ecohotel en el caserío de Cumbre

3.3 *Problemática*

3.3.1 *Problema general*

- ¿Cómo efectuar el diseño e implementación del Sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en el ecohotel en el caserío de Cumbrec?

3.3.2 **Problema específico**

- ¿De qué manera se precisa el método para calcular la radiación solar en el diseño de sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en el ecohotel en el caserío de Cumbrec?
- ¿Cómo se realiza el dimensionamiento de los equipos del diseño de Sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en el ecohotel en el caserío de Cumbrec?
- ¿Cómo se determina la evaluación económica del diseño de Sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en el ecohotel en el caserío de Cumbrec?

3.4 **Metodología**

3.4.1 **Bases teóricas**

Existe en el mundo diferentes formas de abastecer la energía eléctrica a cargas que encuentran muy alejadas de las redes. Se ha tomado como referencia realidades tanto nacionales como internacionales.

Internacional

Según el autor (Llado Centeno, 2021, pág. 2), un sistema fotovoltaico autónomo se puede utilizar como fuente de energía para los elevados hoteles rurales a orillas del embalse de Cijara en Ciudad Real, España, tanto técnica y económicamente. El interés actual en desarrollar sistemas amigables con el medio ambiente. que permitan la producción simultánea de beneficios económicos y sociales. Para combatir el cambio climático, proponemos una solución de sistema solar para el ecohotel y así reducir la dependencia de los combustibles fósiles. La investigación se centra en el uso de sistemas de energía solar.

Según (Gutierrez Correa , 2014, pág. 3). España prevé consumir electricidad procedente de fuentes renovables como la eólica y la solar hasta 2020. En este sentido, el conocimiento y predicción de los valores de irradiación solar (IS) juega un papel importante en el desarrollo de sistemas basados en energía solar (ES), como como centrales solares térmicas y sistemas eléctricos solares para los que se requiere información sobre radiación. en todas las etapas. A pesar de la importancia de los datos del SI en la investigación de la energía solar (y otros tipos de investigación), estos datos no siempre están disponibles en los lugares de interés debido a la falta de estaciones meteorológicas. En este sentido, la tesis doctoral aborda tres aspectos. En primer lugar, debe evaluarse la disponibilidad de redes de estaciones meteorológicas que proporcionen observaciones meteorológicas al público; En segundo lugar, investigar la estimación espacial de la radiación solar cada 15 minutos en una región española, y en tercer lugar, probar la modelización de la predicción de la radiación solar a corto plazo mediante redes neuronales artificiales.

Nacionales

(Príncipe Bayona, 2019, pág. 14), El motivo de realización de la obra es la oportunidad de ofrecer a los pobladores sin electricidad la oportunidad de obtener energía eléctrica, a lo cual proponemos desarrollar una planta de sistema fotovoltaica con autonomía para regiones remotas de Huarumpan Socorro como alternativa de solución. y Yanuna del condado de Paucas. Al inicio de la investigación nos vimos obligados a analizar los motivos de la falta de electricidad Evaluar el problema en las zonas alejadas del distrito y determinar posibles soluciones, tomando en cuenta que cada hogar consume 1640 W de energía por día y emite 5.7 Wh de radiación al día, esta información nos dio la oportunidad de pensar si es posible la aplicación del sistema eléctrico solar.

(Cerrón Contreras, 2019, pág. 14), Este estudio examina las dimensiones de un sistema fotovoltaico que puede usarse para la desalinización de agua de mar por ósmosis inversa en La Gramitha, Departamento de Ancash. Hay 24 baterías de 2400 Ah en serie, un controlador inversor integrado de 5000 VA y 45 paneles solares a considerar. Al ser un proyecto privado, el análisis requiere una compensación única del 80% de la inversión para que el proyecto sea rentable, estimando el período de recuperación de la inversión en 20 años con una tasa interna de retorno del 16,80%. De igual forma se realizó un diagnóstico de situación para la ciudad de La Gramita, el cual identificó los problemas sociales y ambientales de los pobladores, lo que permitió adecuar el proyecto a los requerimientos.

Las variables de energía solar se determinaron monitoreando la radiación solar promedio global de 1110.04 W/m² entre las 9:00 y las 17:00 horas, la cual es mayor a las condiciones de medición estándar (SMC) de 1000 W/m² y (HSP) en la ciudad. . de Juliaca. - Utilizando la información obtenida de la Radiación Solar, se logró determinar el Rendimiento Energético Solar (HSP) de 6623 kWh/m²/d, lo que dio como resultado el diseño del sistema solar de electricidad y calor de la ciudad de Juliaca para aprovechar la energía solar. . . Módulo de forma experimental en una habitación que utiliza suelo radiante como

ambiente bioclimático para conseguir el suficiente confort. (Aquino Larico, 2017, pág. 12)

3.4.2 **Marco conceptual**

El sol: según (Duffie & Beckman, 2013, pág. 13), El Sol es una esfera gaseosa muy caliente con un diámetro de aproximadamente $1,39 \times 10^6$ km y una distancia media de la Tierra de $1,5 \times 10^8$ km. Visto desde la Tierra, el Sol realiza una rotación sobre su eje en cuatro semanas. Sin embargo, no gira como un cuerpo sólido, por lo que tarda unos 27 días en el ecuador y unos 30 días en los polos para realizar una revolución. La temperatura efectiva del cuerpo negro del Sol es 5777 K. Se ha propuesto que el Sol funciona mediante un proceso de fusión continuo, cuyas principales reacciones son la combinación de átomos de hidrógeno para formar helio en una proporción de 4:1.

La radiación del núcleo del Sol debe estar en el rango de los rayos X y gamma; las otras longitudes de onda que se encuentran en el espectro solar aumentan a medida que la temperatura disminuye en la dirección del rayo. A continuación, se muestra un diagrama simplificado de la estructura física del Sol (Figura 1), que muestra sus gradientes característicos de temperatura y densidad, lo que indica que el Sol no funciona como un cuerpo radiante con una temperatura constante. De esta realidad podemos concluir que la radiación solar es el resultado de la composición de la radiación emitida y absorbida en diferentes longitudes de onda por diferentes "capas del sol"

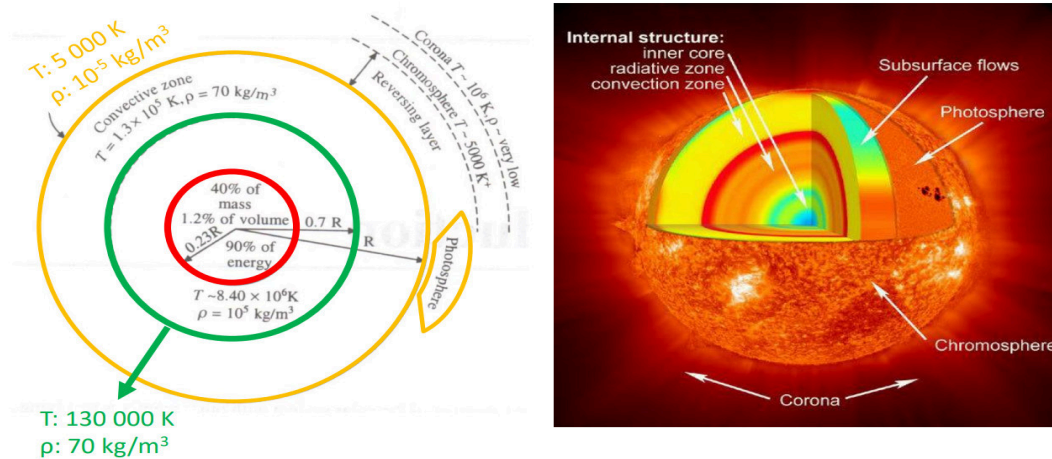


Figura1: Estructura del sol. Fuente: John a. Duffie and William a. Beckman

Radiación solar

Según (Chen, 2011, pág. 41) La Tierra está expuesta a la energía solar a través de la radiación o la luz solar, y sus componentes espectrales se encuentran predominantemente en las regiones visible, infrarroja cercana y ultravioleta cercana.

La radiación solar se caracteriza por tres propiedades: (Konrad, 2013). Que son las siguientes

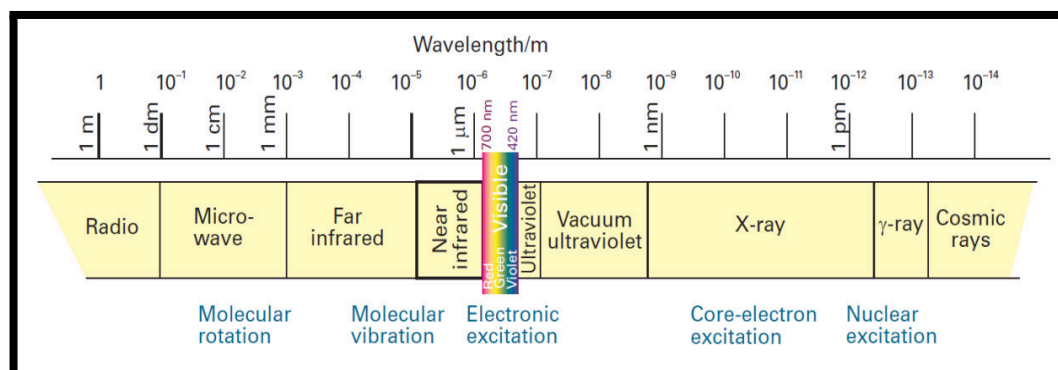


Figura2 Espectro electromagnético y clasificación de región espectral. Fuente: Peter Atkins & Julio de Paula

Constante solar

La constante solar es la medida de la cantidad de energía solar que se puede obtener midiéndola en un plano perpendicular a la atmósfera terrestre, que se encuentra a 1 unidad astronómica del Sol. La constante solar no es constante, puede variar entre $\pm 3,3\%$ debido a cambios en la órbita terrestre. Las tomas de medidas de la radiación directas realizadas por instrumentos han arrojado estimaciones precisas y exactas del tiempo, correspondientes a valores estándar. Los resultados estimados de Duncan son 1367, 1372 y 1374 W/m². El Centro Mundial de Radiación (WRC) tomó un valor de 1367 W/m² con una incertidumbre de alrededor del 1%. (Duffie & Beckman, 2013, pág. 16).

(Konrad, 2013, pág. 11). Se dice que las reacciones de fusión nuclear ocurren continuamente en el sol y las temperaturas pueden alcanzar los 15 millones de grados Celsius. La energía emitida se emite al espacio en forma de radiación. La potencia que ejerce el Sol en todas direcciones es aproximadamente $P_{sol} = 3.845 \times 10^{26}$ W y la distancia a la Tierra (r_s) es 1.496×10^{11} m. Para obtener el valor de la constante del sol, consideramos que el lado de la Tierra está en el lado de una esfera (la atmósfera terrestre) perpendicular al sol con un radio igual a la distancia Sol-Tierra (r_s). Esto nos permite calcular la densidad de potencia que llega al suelo.

$$E_s = \frac{\text{Potencia del Sol}}{\text{Área de la esfera}} = \frac{P_{sol}}{4 \cdot \pi \cdot r_s^2} = \frac{3,845 \times 10^{26} \text{ W}}{4 \cdot \pi \cdot (1,4696 \times 10^{11} \text{ m})^2} = 1367 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Ecuación 1: Determinación de la constante solar

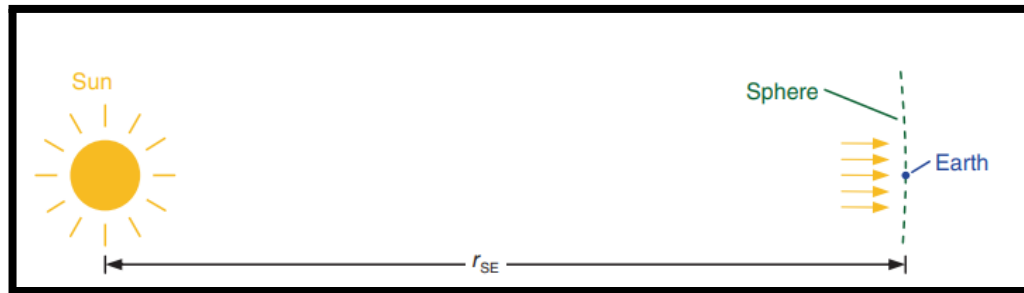


Figura3 Determinación de la constante solar. Fuente: Konrad Mertens

Masa de aire

La radiación solar cambia a medida que viaja a través de la atmósfera. Cuanto más viajan los rayos del sol, mayor es el efecto. Por este motivo, a los rayos del sol se les asignan diferentes espectros dependiendo de su forma de viajar a través de la atmósfera. La masa atmosférica (MA) se define como la relación entre la distancia recorrida por los rayos del sol desde la posición del sol hasta un observador y la distancia recorrida por los rayos del sol cuando está parado cuando el sol sale a la cima. Desde el ángulo del sol, conocido como "altitud solar" (γ_s), el valor AM se puede calcular como:

$$AM = \frac{1}{\sin \gamma_s}$$

Ecuación 2: Masa de aire

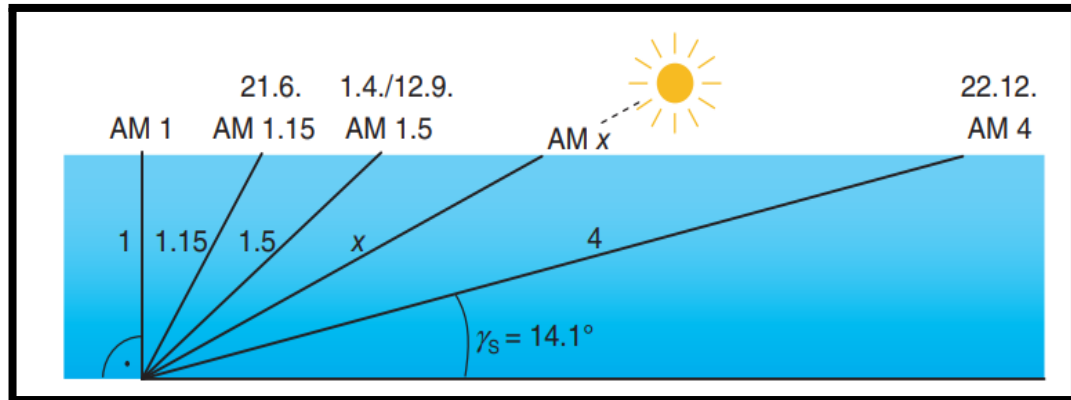


Figura4 Explicación del término de masa de aire. Fuente: Konrad Mertens

El espectro establecido para la evaluación de módulos fotovoltaicos es $AM = 1.5$ y puede ser entendido como el espectro promedio a lo largo de un año.

Espectro solar

Todo cuerpo (caliente) emite radiación a su alrededor. De acuerdo a la ley de Planck, la temperatura de la superficie del cuerpo determina el espectro de la radiación. El sol puede ser idealizado como un cuerpo negro cuya superficie tiene una temperatura de 5778K. El espectro solar medido fuera de la atmósfera (AM 0) corresponde aproximadamente a dicho cuerpo negro ideal. El término AM 0 indica que la radiación solar no ha atravesado la atmósfera. La potencia total contenida en este espectro es igual a la constante solar (1367W).

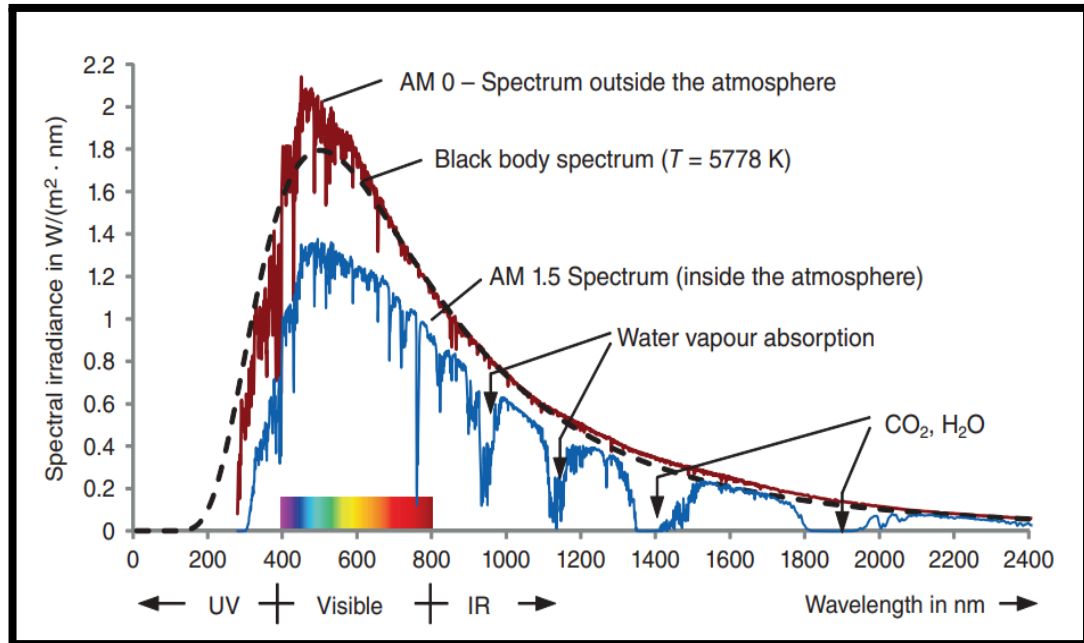


Figura5 Espectro solar fuera y dentro de la atmósfera. Fuente: Konrad

Sin embargo, el espectro solar cambia a medida que la radiación solar atraviesa la atmósfera. Existen varias razones para ello:

- a) Reflexión de la luz: parte de la radiación solar se refleja en la atmósfera y esto reduce la radiación que llega a la tierra.
- b) Absorción de luz: las moléculas de la atmósfera (O_2 , O_3 , H_2O , CO_2 , etc.) se excitan en determinadas longitudes de onda y absorben parte de la radiación, creando huecos en el espectro, especialmente en la región infrarroja.
- c) Dispersión de Rayleigh: Cuando la radiación incide sobre partículas más pequeñas que su longitud de onda, se produce la dispersión de Rayleigh. Depende fuertemente de la longitud de onda ($\sim 1/\lambda^4$), por lo que las longitudes de onda cortas generalmente sufren una mayor dispersión.
- d) Dispersión de aerosoles y partículas de polvo: corresponde a partículas de tamaño mayor que la longitud de onda de la

radiación. En este caso, estamos hablando de la decadencia de Mie. La fuerza de la dispersión de Mie depende en gran medida de la ubicación y es mayor en áreas industriales y densamente pobladas.

Radiación solar extraterrestre

Además de la energía total del sol (llamada constante solar), es útil conocer la distribución espectral de la radiación externa, es decir, la radiación recibida sin aire. Como la órbita de la Tierra es protoplanetaria, la distancia entre la Tierra y el Sol varía un $\pm 1,7\%$ (Figura 6) a lo largo de un año, por lo que el flujo de radiación externa varía un $\pm 3,3\%$ (Figura 7). Para la mayoría de los cálculos de potencia, la ecuación proporciona una ecuación simple y precisa: (Duffie & Beckman, 2013, pág. 9)

$$G_{on} = G_{sc} \left(1 + 0.03 \cos \cos \frac{360n}{365} \right) \quad (3)$$

$$G_{on} = G_{sc} (1.000110 + 0.034221 \cos \cos B + 0.00128 \sin \sin B + 0.000719) \quad (4)$$

$$B = (n - 1) \frac{360}{365} \quad (5)$$

Ecuación 3: Radiación extraterrestre

La ecuación (3), (4) y (5) viene dada por Spencer (1971). La ecuación (4) es ($\pm 0.01\%$) más preciso que la ecuación (3). G_{on} es la radiación extraterrestre incidente en el plano normal a la radiación en el día "n" del año y viene dado por B.

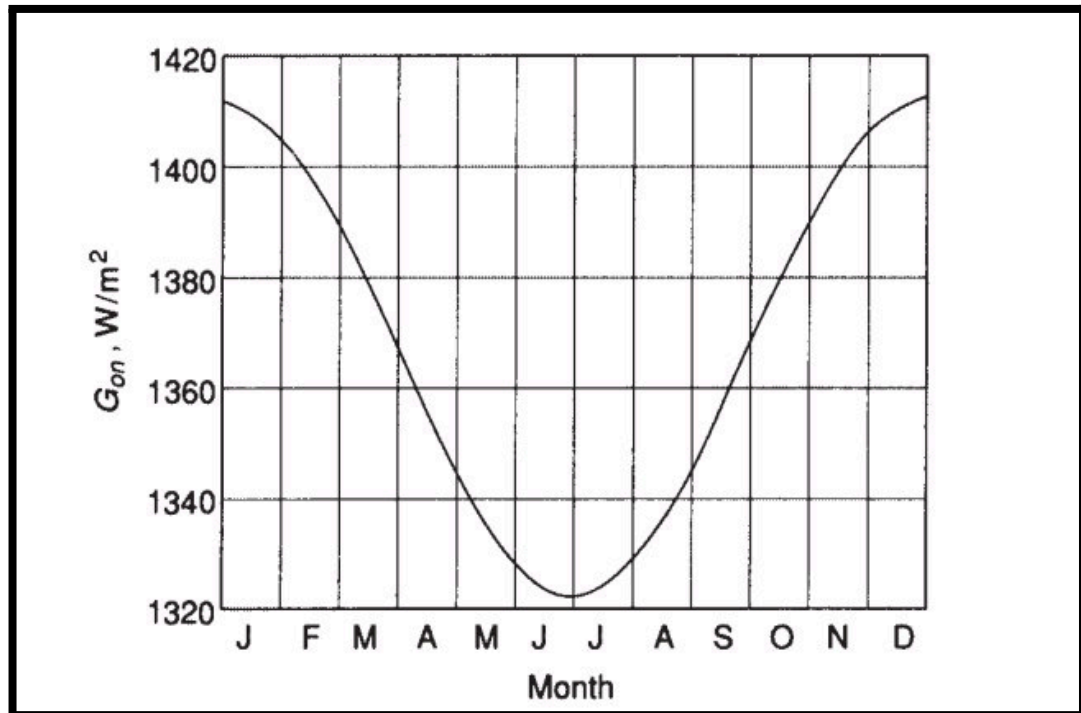


Figura7 Variación de la radiación extraterrestre en un año. Fuente: Duffie and Beckman.

Componentes de la radiación solar

La radiación solar respecto a la dirección de su incidencia sobre la superficie de la tierra son las siguientes: (García Valladares & Pilatowsky Figueroa, 2017, pág. 28)

Radiación directa: radiación que proviene directamente del sol y no cambia de dirección. Es decir, forma parte de la radiación que viaja por la atmósfera.

Radiación difusa: No proviene del cielo azul, sino que también atraviesa las nubes y es recibida por el sol tras ser refractada por la dispersión atmosférica.

Albedo: relación entre la radiación reflejada por una superficie y la radiación incidente sobre ella. Las superficies brillantes tienen valores de albedo más altos que las superficies oscuras, y las superficies brillantes tienen valores de albedo más altos que las superficies mate.

Global: es la suma de la radiación directa, la radiación difusa y el albedo recibido por la superficie.

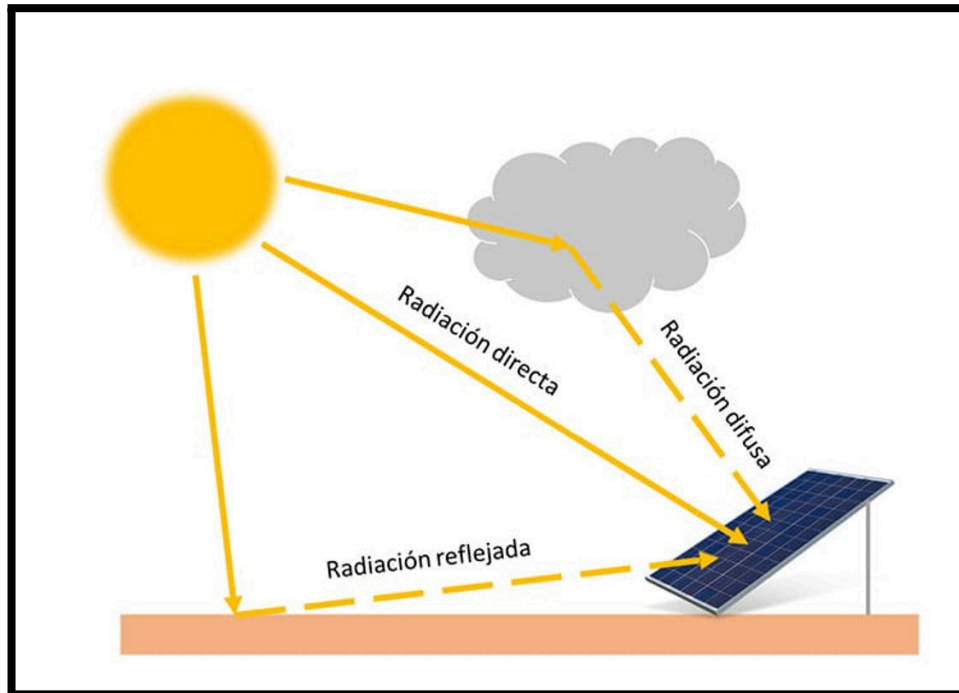


Figura 8 Radiación directa, radiación difusa, radiación reflejada.
Fuente: El foro verde.

Movimiento entre el sol y la tierra

Traslación:

La Tierra gira alrededor del Sol en un círculo, casi circular, con el Sol en uno de sus focos. El plano de esta órbita se llama plano de la eclíptica y el año se determina en función del tiempo que le toma al planeta al terminar la vuelta. (Luque & Hegedus, 2003) entre la tierra y el sol la distancia varía a lo largo del año, con un mínimo de 1.471×10^{11} m en el solsticio de invierno (21 de diciembre) y un valor máximo de 1.521×10^{11} m en el verano. solsticio (Junio 21). La distancia media entre la Tierra y el Sol es de 1.496×10^{11} m. Por tanto, la cantidad de radiación solar interceptada por la Tierra varía a lo largo del año, con un máximo el 21 de diciembre y un mínimo el 21 de junio (Goswami, 2015)

Rotación:

La Tierra también gira una vez al día sobre su propio eje central, el eje polar. El eje polar orbita alrededor del sol, manteniendo un ángulo constante de $23,45^\circ$ con el plano de la eclíptica. Esta inclinación es lo que hace que el sol esté más alto en el cielo en el verano que en el invierno. También es la causa de que las horas de luz solar en verano sean más largas y las horas de luz solar en invierno sean más cortas . (Luque & Hegedus, 2003)

Para aplicaciones de energía solar, podemos considerar a la Tierra como una esfera perfecta que gira con una velocidad angular constante sobre un eje fijo. El eje de rotación de la tierra cruza la superficie de la tierra en dos puntos: el polo norte y el polo sur. El gran círculo perpendicular al eje es el ecuador. una ubicación en la Tierra se puede especificar mediante dos coordenadas, la latitud φ y la longitud λ , como se marca en el mapa y se puede determinar mediante GPS. (Chen, 2011)

- a) Longitud: especifica un meridiano (la mitad de un gran círculo que pasa por los 2 polos), es el ángulo diedro entre el plano meridiano cero (meridiano de Greenwich) y el plano meridiano que pasa por dicho punto. se cuenta de 0° a $\pm 180^\circ$, positivamente hacia el Este y negativamente hacia el Oeste. Por lo tanto, el primer meridiano a menudo se llama meridiano de Greenwich.
- b) Latitud: viene dado por el ángulo de la normal desde dicho punto al plano ecuatorial. Se cuenta de 0° a $\pm 90^\circ$, a partir del ecuador, positivamente hacia el Norte y negativamente hacia el Sur.

La visión ptolemaica del movimiento del sol proporciona una simplificación al análisis que sigue. Es conveniente suponer fijar la tierra y describir el movimiento aparente del sol en un sistema de coordenadas fijado a la tierra con su origen en el sitio de interés (Goswami, 2015).

Desde el punto de vista de un observador en la Tierra, el Sol, al igual que cualquier estrella, está ubicado en una esfera de un radio grande pero indefinido. La esfera imaginaria es la esfera celeste. Hay dos sistemas de

coordenadas de uso común para describir la posición de un objeto astronómico en la esfera celeste, el sistema del horizonte y el sistema ecuatorial. La extensión del centro de la Tierra y un observador O en el cielo apunta a el cenit Z . El sistema de horizonte define la posición de un cuerpo celeste X tal como lo percibe directamente el observador. La distancia angular de un cuerpo celeste X al horizonte es su altura h , también llamada altitud o elevación. la otra coordenada es el acimut A . El punto cero del acimut se define como el punto sur del horizonte. En el sistema de coordenadas ecuatoriales, el Polo Norte es el punto de referencia. El ecuador celeste es la base plana. La distancia de un cuerpo celeste al ecuador es su declinación δ . La otra coordenada es ángulo horario ω . El punto cero del ángulo horario se define como el meridiano que pasa por el medio del gran círculo a través del polo norte celeste y el cenit. Para convertir las coordenadas del sistema de horizonte al sistema ecuatorial y viceversa, se aplican las identidades en trigonometría esférica en un sistema esférico triángulo formado por los vértices Z (cenit), P (polo norte celeste) y el cuerpo celeste X . (Chen, 2011)

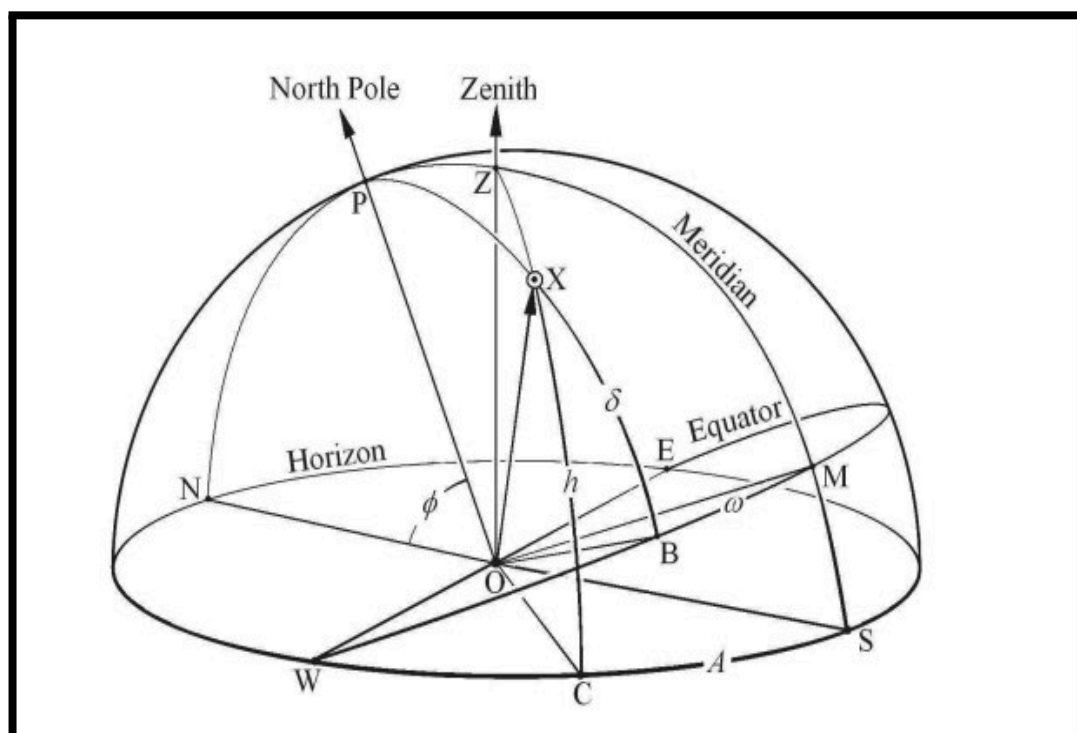


Figura 9: dirección del haz de radiación. Fuente: Duffie and Beckman.

En todo momento, dependiendo de la relación geométrica entre un plano de posición relativa a la Tierra (un plano fijo o un plano en movimiento respecto a la Tierra) y los rayos solares entrantes, es decir, la posición del Sol respecto a la Tierra. puede describirse en ese plano a través de diferentes ángulos (Benford, 1939). El conjunto de reglas y símbolos angulares es el siguiente:

(Duffie & Beckman, 2013)

Declinación solar

Según (Goswami, 2015) . El ángulo entre la línea Tierra-Sol y el plano del ecuador, que pasa por el medio, cambia de $-23,45^\circ$ el 21 de diciembre a $+23,99^\circ$ el 21 de junio. La declinación de un día es un valor numérico correspondiente a la latitud donde el sol está directamente sobre el mediodía. El Trópico de Cáncer ($23,45^\circ\text{N}$) y Capricornio ($23,45^\circ\text{S}$) se encuentran en latitudes polares donde el sol brilla al menos una vez al año. Las latitudes de los círculos ártico y antártico experimentan un mínimo de un día al año sin que el sol salga por el horizonte. Se encuentra ubicado a $66\ 1/2^\circ\text{N}$ y $66\ 1/2^\circ\text{S}$. Las declinaciones que ocurren al norte del ecuador durante el verano en este hemisferio se conocen como años bisiestos. La declinación se puede encontrar en la ecuación aproximada de Cooper (1969):.

$$\delta = 23.45 \sin \sin \left(360 \frac{284+n}{365} \right)$$

Ecuación 4: Declinación solar

Month	n for i th Day of Month	For Average Day of Month		
		Date	n	δ
January	i	17	17	-20.9
February	$31 + i$	16	47	-13.0
March	$59 + i$	16	75	-2.4
April	$90 + i$	15	105	9.4
May	$120 + i$	15	135	18.8
June	$151 + i$	11	162	23.1
July	$181 + i$	17	198	21.2
August	$212 + i$	16	228	13.5
September	$243 + i$	15	258	2.2
October	$273 + i$	15	288	-9.6
November	$304 + i$	14	318	-18.9
December	$334 + i$	10	344	-23.0

Figura 10 Día típico de cada mes. Fuente: Klein (1977).

No usar para $|\varphi| > 66.5^\circ$

Hora solar

Según (Duffie y Beckman, 2013), este es un tiempo basado en el movimiento angular del Sol en el cielo, siendo el meridiano el momento en que el Sol sale al mediodía por el observador. La hora del día es la hora utilizada para todas las correlaciones de los ángulos del sol. No es lo mismo que la hora del reloj local. La conversión de la hora estándar al horario de verano requiere dos correcciones. En primer lugar, hay una corrección continua de las diferencias de longitud entre el polo (horizontal) del observador y el polo en el que se encuentra la referencia horaria local. El sol tarda 4 minutos en pasar por 1° de longitud. La segunda modificación es una ecuación de tiempo que tiene en cuenta las perturbaciones en la velocidad de rotación de la Tierra, en relación con el momento en que el Sol sale al mediodía para el observador. Spencer proporciona la diferencia en minutos entre el horario de verano y el horario estándar. (1971), citado por Iqbal (1983):

$$\text{Hora solar} - \text{hora estándar} = 4(Lst - Lloc) + E \quad (7)$$

$$E = 229.2(0.000075 + 0.001868 \cos \cos B - 0.032077 \sin \sin B - 0.0146)$$

Ecuación 5: Ecuación del tiempo

donde Lst es el meridiano estándar para la zona horaria local, $Lloc$ es la longitud de la ubicación en cuestión, y las longitudes están en grados oeste, es decir, $0^\circ < L < 360^\circ$. el parámetro E es la ecuación del tiempo en minutos.

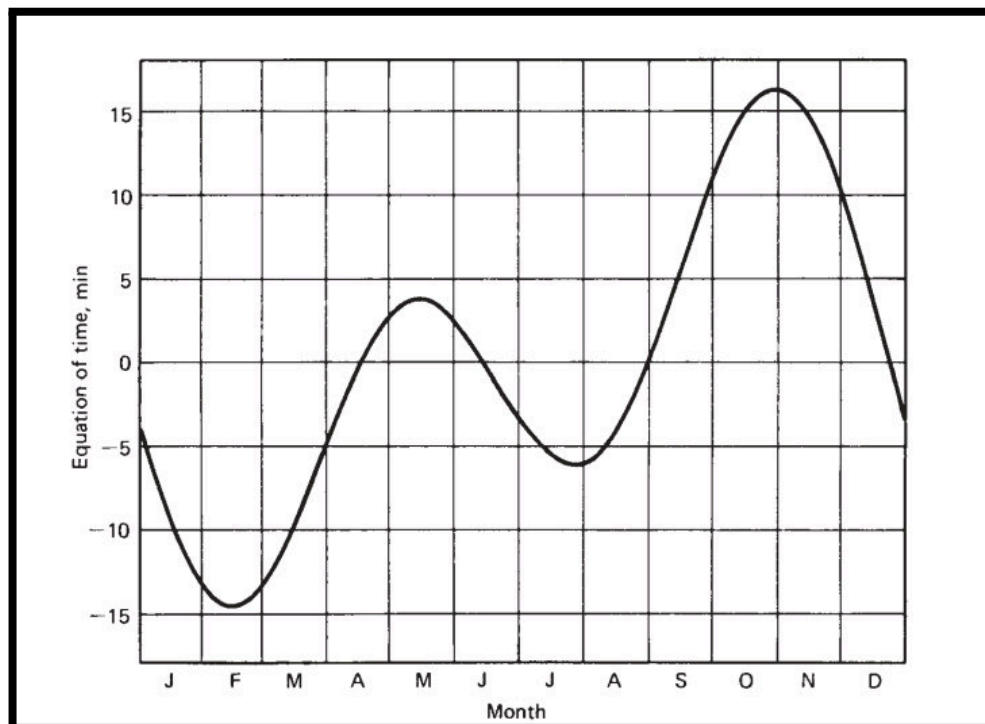


Figura 11: Ecuación del tiempo

Altura Solar

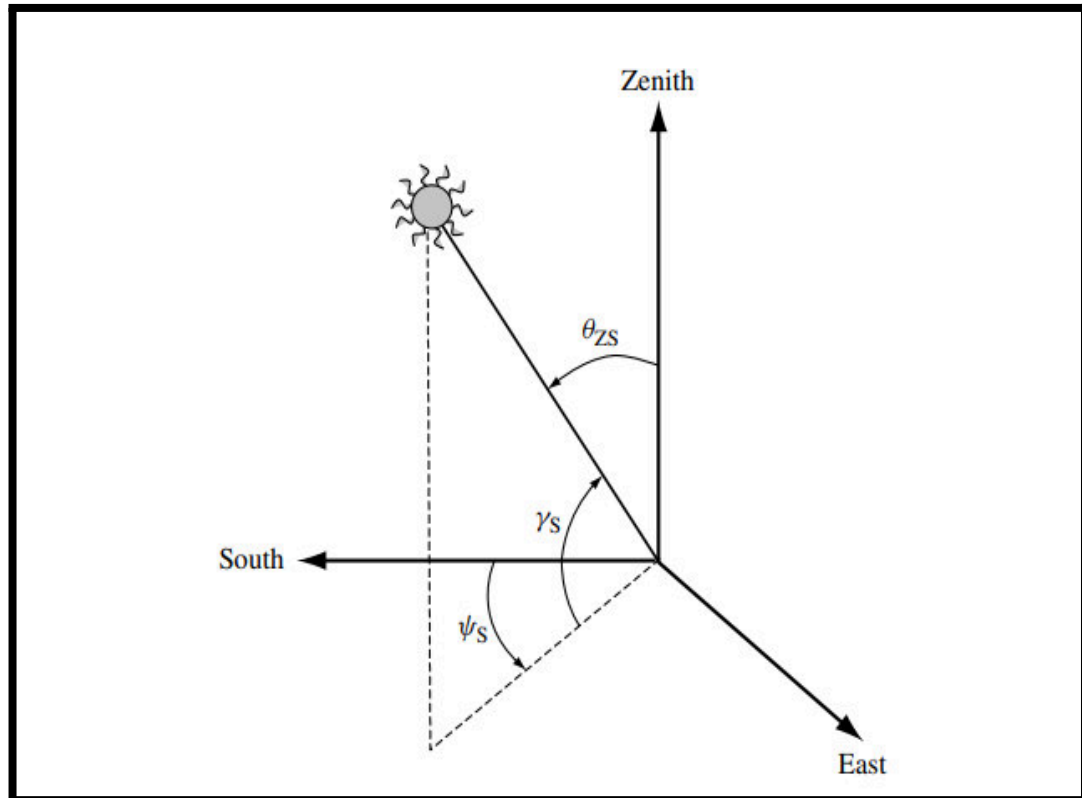


Figura13 Altura solar, ángulo cenital, ángulo azimut. Fuente: (Luque y Hegedus, 2003).

Inclinación

El ángulo formado entre la superficie del objeto y la horizontal; $0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$. (Donde $\beta > 90^\circ$ indica un componente hacia abajo).

Angulo horario

Debido a la rotación de la Tierra sobre su eje 15° cada hora (mañana negativa, tarde positiva).

Angulo de incidencia

Este es el ángulo formado entre el haz de radiación y la normal a su superficie.

(Ver anexo D)

Componente al sistema fotovoltaico

- Modulo fotovoltaico: una célula solar está compuesto por un conjunto de módulos solares interconectadas entre sí, donde las conexiones en serie aumentan el voltaje producido y las conexiones en paralelo aumentan la corriente generada.
- Controlador de carga: los controladores de carga son dispositivos incluidos los SFA. Esto con el objetivo de generar condiciones apropiadas de requerimientos de operación de la batería y así protegerla de carga o descarga excesiva, aumentando la vida útil del banco de batería. Los controladores son componentes críticos en SFA puesto que los daños sobre las baterías pueden ser irreversibles. Los sistemas fotovoltaicos que suministran energía a cargas eléctricas con mínima variación de su consumo de carga podrían ser diseñados para operar con controlador siempre y cuando el voltaje entregado por el sistema fotovoltaico sea compatible con el voltaje de operación del banco de batería, este tipo de sistema se le denomina “sistema auto-regulado” sin embargo existe un problema importante por afrontar en este tipo de sistema y es el de exceso de carga y descarga de la batería.

Inversores: Los inversores son dispositivos que transforman corriente continua CC en corriente alterna CA. La electricidad actual se puede suministrar a partir de bancos de baterías, paneles solares, etc. tensión de salida. Debe tener condiciones de amplitud, frecuencia y respuesta en armónicos adecuado para las cargas a conectarse a la salida del inversor.

Batería: los sistemas energéticos aislados con fuentes renovables rara vez disponen del suficiente recurso solar en los momentos del día que son necesarios. La conversión de energía química almacenada en energía eléctrica es posible en una batería, que está

formada por una o más celdas continuas de energía química conectadas en serie. Los iones pueden moverse entre los electrodos de cada celda pasando a través de ánodos, cátodos y electrolitos, que facilitan el flujo de corriente a través de la batería. Las baterías se utilizan para almacenar la energía eléctrica generada por el sistema, con objeto de disponer de ella en periodos en los que no se disponga del recurso suficiente.

Diseño de sistemas fotovoltaicos aislados:

En el diseño de SFA se tiende a ser conservador a la hora de dimensionar todos los componentes, por lo que se suele aplicar factores de seguridad que garanticen que el diseño funcionará. Los factores más importantes son:

- Factor de seguridad de generador FV: este factor se define como el cociente entre la energía producida y la energía demandada. Se aplica a la hora de dimensionar el tamaño del generador fotovoltaico.
- Factor de seguridad de la batería : este factor define el número de días que la batería será capaz de funcionar sin recibir energía del generador fotovoltaico.

$$F_{SB} = \frac{E_{ALMACENADA}}{E_{DEMANDADA}} = \frac{C_{B,ÚTIL}}{L_{dm}}$$

Ecuación 9: Factor de seguridad de la batería.

- Caracterización del recurso solar: para comenzar el diseño de un SFA, primero debemos conocer la radiación solar que van a recibir los paneles del sistema, para así poder dimensionar el sistema al recurso disponible. Hay diversos lugares donde se pueden conseguir datos sobre radiación solar, ya sean atlas solares como agencias meteorológicas nacionales o la misma NASA

3.5 Procedimiento

En principio se realizó la visita a la zona de trabajo para verificar donde se podría instalar los paneles solares considerando 2 factores importante, área de instalación de los módulos fotovoltaicos y libre de sombra, se escogió el área del techo de 140 m² libre de objetos y de sombra. A continuación, nos apoyamos de la base de datos National Solar Radiation Database (NSRBD) para obtener los datos de la radiación solar y calcular la hora solar pico (HSP), a continuación, se realiza el estudio de máxima de manda de las cargas que es 4,170 W. con esta información se realizara un balance de energía y se dimensiona la cantidad de paneles solares a instalar que son 15 paneles de 450 W que se conetaran en paralelos de 3 grupos de 5 paneles en serie (conexión mixta); luego se procedio a realizar los cálculos de los parametros electricos para seleccionar el equipamiento del sistema fotovoltaico off grid, como son las baterias que se selecciono 12 baterias de 316 Ah a 12 voltios que se conectaran en paralelos 3 grupos de 4 baterias en serie donde el sistema fotovoltico trabajara a 48 Voltios. Con los datos de la ficha técnica tanto de los paneles y de la bateria y los calculos realizados se selecciona el regulador de carga de la marca victron energy MPPT 250/100 tr. El ultimo equipo a selleccionar es el inversor qu es de la marca victron energy, Quatro de 48/8000. Luego, teniendo en cuenta los estándares técnicos de este tipo de sistemas, se seleccionan los equipos de protección de corriente y los componentes de los cables a utilizar. Finalmente, realizamos una evaluación económica comparando el coste de instalación de un panel solar durante 25 años. La mejor manera es instalar un sistema de energía solar..

3.6 Resultado de la actividad

3.6.1 *Ubicación*

El proyecto de la nueva instalación del sistema fotovoltaico se encuentra ubicado en el caserío de Cumbrec, distrito de Huanchay, provincia de huaraz.

Las coordenadas UTM son las siguiente:

Latitud: -9.729665.

Longitud: -77.850988

Elevación: 1864 msm



Figura 15 Ubicación del ecohotel. Fuente: Google Earth

3.6.2 *Oferta de energía solar*

Cumbrec cuenta con buen recurso solar durante todo el año, incluso en los meses de invierno. La información de radiación solar en la zona se extrae de la base de datos de PVGIS-NSRDB donde se obtiene los valores de irradiación global mensual por metros cuadrados (Wh/m²/mes). A esta información se le hace un tratamiento de datos para obtener las horas solar pico por día (wh/m²/día) cuya información recopilada es un histórico promedio mes a mes de las horas de sol pico con las que cuenta la zona y un promedio global de ese año. Se tiene un promedio anual 2005-2015 de 5.46 kwh/m² horas solares pico.

Días	mes	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
		Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²
31	Jan	130.16	142.80	129.26	106.58	118.41	132.81	118.98	114.90	144.39	121.49	137.46
28	Feb	112.43	109.12	126.66	95.82	87.57	108.02	124.88	113.59	101.42	124.41	106.84
31	Mar	127.56	121.49	106.80	110.61	104.29	123.89	138.89	119.09	119.44	128.81	111.01
30	Apr	163.53	150.70	134.79	134.45	136.36	147.01	128.30	130.02	171.15	174.10	135.93
31	May	198.48	204.52	176.62	186.93	175.31	177.55	188.81	179.89	178.84	180.36	160.64
30	Jun	192.76	183.01	187.72	183.91	188.19	183.72	182.63	185.08	188.70	190.01	182.62
31	Jul	203.87	197.82	198.23	197.01	195.01	197.12	191.03	203.10	198.86	197.26	193.53
31	Aug	212.78	201.77	204.99	195.29	203.74	207.36	211.51	213.80	211.70	189.68	206.62
30	Sep	214.35	205.43	202.60	210.72	213.12	199.72	200.27	125.54	210.74	198.01	208.00
31	Oct	204.99	203.41	198.12	173.17	177.50	218.21	209.87	192.59	181.22	189.04	187.41
30	Nov	195.11	177.12	185.86	160.09	167.35	185.37	168.84	159.09	183.11	178.29	159.44
31	Dec	147.01	150.32	168.28	164.11	150.52	137.43	134.26	156.16	161.80	145.33	156.61

Tabla 1 Irradiación global mensual, Fuente: PVGIS-NSRDB

Días	mes	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	HSP D M kWh/m ²
		Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	Hi(m) kWh/m ²	
31	Jan	130.16	142.80	129.26	106.58	118.41	132.81	118.98	114.90	144.39	121.49	137.46	4.10
28	Feb	112.43	109.12	126.66	95.82	87.57	108.02	124.88	113.59	101.42	124.41	106.84	3.93
31	Mar	127.56	121.49	106.80	110.61	104.29	123.89	138.89	119.09	119.44	128.81	111.01	3.85
30	Apr	163.53	150.70	134.79	134.45	136.36	147.01	128.30	130.02	171.15	174.10	135.93	4.87
31	May	198.48	204.52	176.62	186.93	175.31	177.55	188.81	179.89	178.84	180.36	160.64	5.89
30	Jun	192.76	183.01	187.72	183.91	188.19	183.72	182.63	185.08	188.70	190.01	182.62	6.21
31	Jul	203.87	197.82	198.23	197.01	195.01	197.12	191.03	203.10	198.86	197.26	193.53	6.37
31	Aug	212.78	201.77	204.99	195.29	203.74	207.36	211.51	213.80	211.70	189.68	206.62	6.63
30	Sep	214.35	205.43	202.60	210.72	213.12	199.72	200.27	125.54	210.74	198.01	208.00	6.63
31	Oct	204.99	203.41	198.12	173.17	177.50	218.21	209.87	192.59	181.22	189.04	187.41	6.26
30	Nov	195.11	177.12	185.86	160.09	167.35	185.37	168.84	159.09	183.11	178.29	159.44	5.82
31	Dec	147.01	150.32	168.28	164.11	150.52	137.43	134.26	156.16	161.80	145.33	156.61	4.90
HSP día al año kWh/m ²		5.76	5.61	5.53	5.26	5.25	5.53	5.47	5.19	5.62	5.53	5.33	5.46

Tabla 2 La Hora Solar Pico (HSP) es la energía que recibimos en horas por m² Fuente: Propia

HSP-Min	3.85	(kWh/m ² /día)
HSP-Prom	5.46	(kWh/m ² /día)
HSP.Max	6.63	(kWh/m ² /día)

Tabla 3 La hora solar pico (HSP) máximo, mínimo, promedio

3.6.3 Cálculo de la demanda

Se realiza el cuadro de cargas para el Ecohotel

CARGAS ELÉCTRICAS							
TIPICO TD11-TD21-TD22-TD31 TD32							
#	Cargas eléctricas	Pot Nominal (W)	Cant	Pot Total (W)	Horas/oper (h)	Energía (Wh)	Amperios horas (Ah)
1	TV	100	1	100	8	800	3.6
2	iluminación-Led	15	10	150	9	1,350	6.1
3	Tomacorrientes	30	8	240	5	1,200	5.5
				490		3,350	15.2
Pot. Max Demanda					490.00	W	
Energía de Max Demanda por día					3,350.00	Wh	

Tabla 4 Cuadro de carga del ambiente

CARGAS ELÉCTRICAS							
T-DB							
#	Cargas eléctricas	Pot Nominal (W)	Cant	Pot Total (W)	Horas/oper (h)	Energía (Wh)	Amperios horas (Ah)
1	Bomba hidráulica	1480	1	1,480	4	5,920	26.9
				1,480		5,920	26.9
Pot. Max Demanda					1,480.00	W	
Energía de Max Demanda por día					5,920.00	Wh	

Tabla 5 Cuadro de carga bomba hidráulica

CARGAS ELÉCTRICAS T-AZ (tablero azotea)							
#	Cargas eléctricas	Pot Nominal (W)	Cant	Pot Total (W)	Horas/oper (h)	Energía (Wh)	Amperios horas (Ah)
1	iluminación-Led	15	5	40	9	360	1.6
2	Tomacorrientes	50	4	200	4	800	3.6
				240	6215	1,160	5.3
Pot. Max Demanda					240.00	W	
Energía de Max Demanda por día					1,160.00	Wh	

Tabla 6 Cuadro de carga azotea

CARGAS ELÉCTRICAS T-General							
#	Cargas eléctricas	Pot Nominal (W)	Cant	Pot Total (W)	Horas/oper (h)	Energía (Wh)	Amperios horas (Ah)
1	TD-11	490.00	1	490	5.76	2,823	12.8
2	TD-21	490.00	1	490	5.76	2,823	12.8
3	TD-22	490.00	1	490	5.76	2,823	12.8
4	TD-31	490.00	1	490	5.76	2,823	12.8
5	TD-32	490.00	1	490	5.76	2,823	12.8
6	TD-AZ	240.00	1	240	4.83	1,160	5.3
7	T-DB	1,480	1	1,480	4.00	5,920	26.9
				4,170	6215	21,194	96.3
Pot. Instalada					4,170.00	W	
Energía de Max Demanda por día					21,194.45	Wh	

Tabla 7 Cuadro de carga tablero fotovoltaico

3.6.4 Potencia de generación fotovoltaicos

Para conocer la potencia de generación fotovoltaico de nuestro sistema es necesario conocer los siguientes datos, la energía de máxima

demanda, la eficiencia del sistema, la hora solar pico y el factor de seguridad.

$$PG(W) = \frac{E(Wh)}{(N_{sist}) \times (HSP)} \times (Fs)$$

Ecuación 10: Potencia de generación fotovoltaico

E(Wh): Energía de máxima demanda por día

(n_{sist}): Eficiencia del sistema.

HSP: Hora solar pico.

Fs: Factor de seguridad

PD: Profundidad de descarga.

PG(W): Potencia de generación fotovoltaica.

Vsist: Tensión del sistema fotovoltaico

Características del sistema	
HSP	5.46
nsist	0.7
PD	0.6
f.s	1.1
DA (Dias Autonomía)	1.2
Vsist	48

Tabla 8 Características del sistema fotovoltaicos

$$PG(W) = \frac{21,194.45 \frac{Wh}{día}}{0.7 \times 5.46 \frac{Wh}{día}} = 6,102.01 W$$

*Ecuación 11 Potencia de generación fotovoltaica del proyecto***3.6.5 Cantidad de paneles solares**

Formula para hallar las cantidades de paneles

$$N^{\circ} \text{ de Mod FV} = \frac{\text{Energia Producida}}{HSP \times EF \times P_{\text{módulo}}}$$

Ecuación 12: Cantidad de paneles solares

P_m módulo: Potencia del módulo fotovoltaico en condiciones estándar.

EF: Eficiencia del sistema es de 0.7

para seleccionar los paneles solares se necesitará tener la potencia y los datos técnicos del módulo fotovoltaico con el que se desea trabajar. Para esto se tiene que realizar una iteración de los módulos fotovoltaicos, con el fin de seleccionar el que mejor calce con el proyecto.

#Mod_serie	5	
# Mod_paralelo	3	
#mod_Total	15	
Iteraciones para el módulo		
Capacidad (Wp)	Cantidad	#Mod
450	13.56	15
350	17.43	8
250	24.41	11
150	40.68	19
100	61.02	28

Tabla 9: Cantidad de módulo de paneles solares

$$N^{\circ} \text{ de módulo fotovoltaico} = \frac{6,0102.01}{5.46 \times 0.7 \times 450} = 13.56 \approx 15$$

Ecuación 13: Cantidad de paneles fotovoltaicos para el proyecto

Para nuestro sistema se necesita 15 modulos fotovoltaicos que se conetaran en paralelos 3 grupos de 5 paneles en serie (conexión mixta)

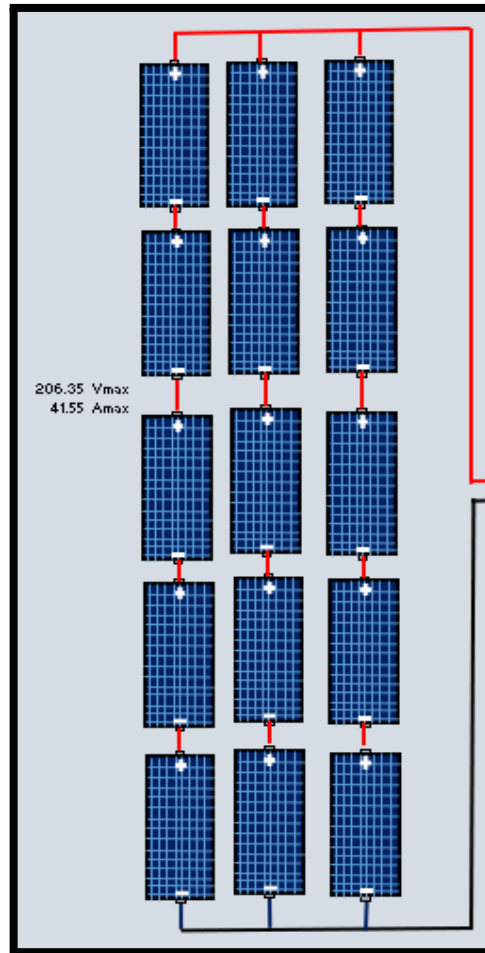


Figura 16: Arreglo fotovoltaico del sistema

Nota: Las corrientes de los módulos fotovoltaico en paralelo se suman y los voltajes de los módulos fotovoltaico en serie se suman.

La potencia de generación máxima de los modulos fotovoltaicos a condiciones estandar viene dada por.

$$PG(Wp) = Pmf (Wp) \times N^{\circ} mod Fv$$

Ecuación 14: potencia máxima del módulo fotovoltaico a condiciones estándar (Wp)

P_{mf} : Potencia del módulo fotovoltaico a condiciones estándar Wp.

$N^{\circ}modFv$: Numero de módulos fotovoltaicos

$$PG (Wp) = 450 \times 15 = 6,750.00 Wp$$

Ecuación 15: Potencia máxima de los módulos fotovoltaicos en condiciones estándar del proyecto

La potencia pico (Wp) de 6,750.00 Wp es la potencia que entrega los 14 modulos fotovoltaicos de nuestro sistema en condiciones estandar de laboratorio. Pero en la realidad eso no sucede se trabaja en condiciones NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) se refieren a las condiciones reales máximas en las que un panel solar opera de manera óptima. Para aplicaciones fotovoltaicas, se alcanza esta temperatura cuando una célula fotovoltaica se expone a las siguientes condiciones:

- Irradiancia de 800w/m2.
- Masa de aire de 1.5 G.
- Temperatura ambiente de 20 ° C.
- Velocidad de viento de 1 m/s.

A partir de este punto, el desempeño de un panel solar empieza a disminuir al aumentar la temperatura del panel. Para nuestro caso se trabajara con el NOCT del panel solar seleccionado que es 335 Wp. Entonces nuestra potencia de generación fotovoltaica NOCT seria :

$$PG (NOCT) = 355 \times 15 = 5,025.00 \text{ Wp}$$

Ecuación 16: Potencia de generación fotovoltaica NOCT del sistema

PG	6,102.01	W
PG(Wp)	6,750.00	Wp
PG NOCT(W)	5,025.00	W

Tabla 10 : Potencia de generación fotovoltaica, Potencia de generación fotovoltaica máximo, Potencia de generación fotovoltaico NOCT.

ESPECIFICAÇÕES		
	JKM450M-6TL4	
Tipo de módulo	JKM450M-6TL4-V	
	STC	NOCT
Potência Máxima (Pmax)	450Wp	335Wp
Tensão de potência máxima (Vmp)	34.17V	31.86V
Corrente de potência máxima (Imp)	13.17A	10.51A
Tensão de circuito aberto (Voc)	41.27V	38.95V
Corrente de curto-circuito (Isc)	13.85A	11.19A
Eficiência do módulo STC (%)	21.24%	

Figura 17: Especificaciones técnicas del panel solar Marca: JINKO SOLAR Modelo: JKM450M-6TL4

3.6.6 Dimensionamiento del banco de batería

La cantidad de baterías requeridas dependerá del voltaje al cual trabaje la instalación que es 48 Voltios. La ecuación viene dada por la siguiente expresión:

$$C, BB(Ah) = \frac{E(Wh)}{(Vsist) \times (P.D)} \times (D.A)$$

Ecuación 17: Capacidad del banco de baterías

E(Wh): Energía de máxima demanda por día

(D.A): Día de autonomía.

Vsist: Tensión del sistema fotovoltaico.

P.D: Profundidad de descarga.

C, BB (Ah): Capacidad de banco de baterías

$$C, BB(Ah) = \frac{21,194.45}{48 \times 0.6} \times 1.2 = 883.10 Ah$$

Ecuación 18: Capacidad del banco de batería del sistema

Para seleccionar el banco de baterías se necesitará los datos técnicos de las baterías que se desea trabajar. Para esto se tiene que realizar una iteración

de las baterías, con el fin de seleccionar el que mejor calce con el proyecto, las baterías en serie se suman las tensiones y las baterías en paralelo se suman las corrientes.

$$C_{Sist_bat} = Np \times C_{bat}$$

Ecuación 19: Capacidad nominal del banco de batería seleccionado

# Baterías_serie	4	
# Baterías_paralelo	3	
#Bat	12	
Iteraciones para la batería		
Capacidad (Ah)	Cantidad en	
100	8.83	6
150	5.89	4
200	4.42	2
250	3.53	2
316	2.79	3

Tabla 11: Cantidad de baterías del sistema

Para nuestro sistema se selecciono 12 baterías que se conectaran en paralelos 3 grupos de 4 baterías en serie.

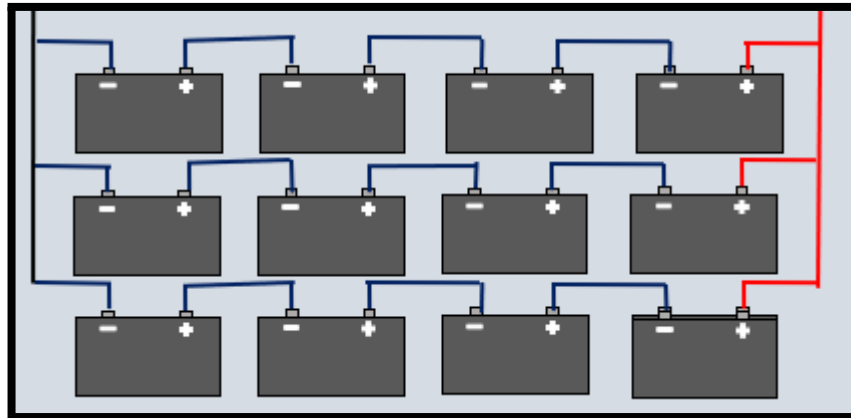


Figura 18: Configuración del banco de batería

Nota: Las corrientes de la batería en paralelo se suman y los voltajes de las baterías en serie se suman.

$$C_{SIST} = 3 \times 316 = 948 \text{ AmpH}$$

Ecuación 20: Capacidad nominal del banco de batería seleccionado del sistema

C, BB	883.10 Ah
Csist	948.00 Ah

Tabla 12 Cuadro de la capacidad del banco de batería calculado (C, BB) y seleccionado (Csist) del sistema

Specifications			
	Normal Voltage	12V	
	Normal Capacity (100HR)	316.0AH	
Terminal Type	Standard Terminal	F11	
	Optional Terminal	-	
Container Material	Standard Option	ABS	
	Flame Retardant Option (FR)	ABS(UL94:VO)	
Rated Capacity	286.0 AH/25.8A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)	
	275.0 AH/31.3A	(8hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)	
	218.0 AH/43.6A	(5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)	
	198.0 AH/66.0A	(3hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)	
	165.5 AH/165.5A	(1hr, 1.60V/cell, 25°C / 77°F)	
Max Discharge Current	2500A (5s)		
Internal Resistance	Approx 2.5mΩ		
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -15 ~ 50°C (5 ~ 122°F)	
		Charge: 0 ~ 40°C (5 ~ 104°F)	
		Storage: -15 ~ 40°C (5 ~ 104°F)	
	Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)	
	Cycle Use	Initial Charging Current less than 75.0A Voltage	14.4V ~ 15.0V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -30mV/°C
		Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage 13.5V ~ 13.8V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -20mV/°C
Capacity affected by Temperature	40°C (104°F)	103%	
	25°C (77°F)	100%	
	0°C (32°F)	86%	
Design Floating Life at 20°C	15 Years		
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.		

figura 19: ficha técnica de la batería seleccionada

3.6.7 Selección del regulador de carga

Para seleccionar el regulador de batería está condicionado a los siguientes parámetros eléctricos:

- La corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico.
- La tensión de cortocircuito del módulo fotovoltaico.
- La tensión del sistema de banco de baterías seleccionado.
- La corriente máxima que soporta la batería.

$$I_{max} = ICCxNp$$

Ecuación 21 Corriente máxima del regulador de tensión

I_{max} : Intensidad máxima. (A)

ICC: Intensidad de corto circuito del módulo. (A)

N_p : Número paneles en paralelo

$$I_{max} = 13.85 \times 3 = 41.55 \text{ A}$$

$$V_{max} = V_{CC} \times N_s$$

Ecuación 22: Tensión máxima del regulador de tensión

V_{max} : Tensión máximo (v).

V_{cc} : Tensión de cortocircuito del módulo (v)

N_s : Número paneles en serie

$$V_{max} = 41.27 \times 5 = 206.35 \text{ v}$$

V_{max} módulo fotovoltaico	206.35 V
I_{max} módulo fotovoltaico	41.55 A
I_{max} batería	165 A
V_{sit} banco de batería	48 V

Tabla 13: Parámetros eléctricos para la selección del regulador:

Se selecciono el regulador de carga es de la marca victron energy MPPT 250/100 tr

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 250/60	MPPT 250/70	MPPT 250/85	MPPT 250/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48V (Se precisa una herramienta de <i>software</i> para ajustar el sistema en 36V)			
Corriente de carga nominal	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12 V 1a,b)	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24 V 1a,b)	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48 V 1a,b)	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	35A (máx. 30A x con. MC4)		70A (max 30A x MC4 con.)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	250V máximo absoluto en las condiciones más frías 245V en arranque y funcionando al máximo			
Eficacia máxima	99%			
Autoconsumo	Menos de 35mA a 12V / 20mA a 48V			
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Algoritmo de carga	adaptativo multifase			
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C			
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión			
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)			
Humedad	95%, sin condensación			
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth			
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)			
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 V CC, 1 A hasta 60 V CC			
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)			
CARCASA				
Color	Azul (RAL 5012)			
Terminales FV 3)	35mm ² / AWG2 (modelos Tr), Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4 de 250/60 y 250/70) Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4 de 250/85 y 250/100)			
Bornes de batería	35mm ² / AWG2			
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)			
Peso	3 kg		4,5 kg	
Dimensiones (al x an x p) en mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215x250x95 mm		Modelos Tr: 216 x 295 x 103 mm Modelos MC4: 246x295x103 mm	
NORMATIVAS				

Figura 20: Ficha técnica del regulador de tensión

3.6.8 Selección del inversor

Para seleccionar el inversor del sistema off grid se tiene que saber la potencia que entrega el arreglo de los paneles solares en condiciones

NOCT, y la potencia instalada del sistema, y la tensión del banco de batería del sistema

PG NOCT(W)	5,025 W
Pot. Max Demanda	4,170 W
Vsist	48 V

Tabla 14 : Potencia generación fotovoltaico NOCT, Potencia de la máxima demanda, Tensión del sistema

El inversor seleccionado es de la marca victron energy, Quattro de 48/8000

Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100	48/15000/200-100/100
PowerControl / PowerAssist	Sí				
Conmutador de transferencia integrado	Sí				
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1				
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100	2x100
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (VCC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida (1)	Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%				
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000	15000
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	2400	4000	6400	8000	12000
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	2200	3700	5500	6500	10000
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Eficacia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Consumo en vacío (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	60 / 60	60	110
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	40 / 40	40	75
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	15 / 15	15	20
CARGADOR					
Tensión de carga de 'absorción' (VCC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6	57,6
Tensión de carga de "flotación" (VCC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2	55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8	52,8
Corriente de carga de la batería auxiliar (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140	200
Corriente de carga batería arranque (A)	4 (solo modelos de 12 y 24V)				
Sensor de temperatura de la batería	Sí				
GENERAL					

figura 21 : Ficha técnica del inversor

3.6.9 Dimensionamiento del cable

Se realiza el dimensionamiento de los cables

EQUIPOS	I (Amp.)	Idis. (Amp.)	Longitud	Sección (mm ²)	Capacidad cable (amp.)	Voltaje (V)	ΔV (%)
PANEL-COMBINER BOX	13.85	17.31	6	4	35	48	0.89
COMBINER BOX-CONTROLADOR	41.55	51.94	3	16	80	48	0.33
CONTROLADOR - BATERIA	100.00	100.00	4	35	130	48	0.39
BATERIA - INVERSOR	100.00	100.00	4	25	105	48	0.55
INVERSOR- TG	18.95	32	5	6	45	220	0.91

Tabla 15 Selección de cable

3.6.10 Puesta a tierra del sistema fotovoltaico

Todas las conexiones eléctricas deben estar equipadas con un sistema de puesta a tierra: para

- Salvaguardar los componentes del sistema fotovoltaico y al personal que realizarán el mantenimiento.
- Salvaguardar el sistema de diferencia de potencial peligrosas.
- Acceder el ingreso de corriente a tierra de las descargas atmosférico.

El pozo a tierra se construirá con cemento conductor la excavación se realizará de una dimensión de 1.00x1.00m, y una profundidad de 2.50m, más que la longitud de la varilla. utilizando abundante agua.

El pozo tendrá marco y tapa de concreto de 0.40x0.40m.

3.6.11 Protecciones del sistema fotovoltaico

Combiner box fotovoltaicos. Esta caja de protección salvaguarda los componentes que se utilizan regularmente alimentación en CC. está compuesta por fusibles dc, interruptor termomagnético dc y un equipo de protección de sobretensión dc (SPD). Estas protecciones se instalan entre los paneles solares y el regulador de tensión.

Selección de fusible:

$$ISC = 13.85$$

$$ID = 13.85 \times 1.25 = 17.3125 \text{ Amp.}$$

ISC: Corriente de corto circuito del módulo. (A)

ID: Intensidad de diseño

Se selecciona un fusible de 20 amp. DC 10x38 modelo ZTPV -1000 V


MODELO	ZTPV 25
Imagen	
Tamaño (mm)	10x38
Tensión nominal Ue (V)	DC1000
Corriente nominal In (A)	1 2 3 4 5 6 8 10 12 15 16 20 25 30 32
Capacidad de ruptura nominal (33)	33
Clase de operación	gPV
Temperatura de trabajo	-50-105
Altitud (m)	≤ 2000
Peso (g)	10
Estándar	IEC60269.6

Figura 22: Ficha técnica de fusible

Selección del interruptor termomagnético DC

Isc: Intensidad máxima. del arreglo fotovoltaico (A).

ID: Intensidad de diseño.

$$ID = 41.55 \times 1.25 = 51.93A$$

Se selecciona un ITM de 63 A 600Vdc 2P ZJ Beny

Parameter					
Electrical Characteristics					
Type	BB1-63				
Comply with	IEC 60947-2/GB/T 14048.2				
Pole	1P	2P	3P	4P	
Rated Working Voltage	Ue	300V DC	600V DC	900V DC	1200V DC
Max Rated Current	63A				
Rated Current	In	3A, 4A, 6A, 10A, 13A, 16A, 20A, 25A, 32A, 40A, 50A, 63A			
Rated Insulated Voltage	Ui	1200V DC			
Rated Impulsed Voltage	Uimp	6kV			
Ultimate Breaking Capacity	Icu	6kA			
Run Breaking Capacity	Ics	6kA			
Tripping Type	Thermal Magnetic Type				
Service Life/cycle Operation					

Figura 23: Ficha técnica del ITM DC

Selección de la protección sobretensiones DC

Voc: Tensión del circuito abierto. del arreglo fotovoltaico (V).

VD: Tensión de diseño (V)

$$VD = 206.35 \times 1.25 = 257.94 V$$

Se selecciona 2P 600V en DC 40kA ZJ Beny

Parameter		
PV DC BUD-40/2 Surge Protection Device		
Pole	2P	
Standard	EN 50539-11	
Electrical Characteristics		
Category IEC/EN	IEC II/EN2	
Open Voltage	Uoc Max	600V DC
Max Continuous Operational Voltage	Uc	600V DC
Nominal Discharge Current	In(8/20)µs	20KA
Maximum Discharge Current	I _{max} (8/20)µs	40KA
Voltage Protection Level	Up	≤3.8KV
Response Time	<25ns	


Interruptor termomagnético del regulador de tensión a la batería hacia el inversor viene dado por la siguiente expresión

I_{max} : Intensidad máxima del regulador hacia el inversor (A)

ID: Intensidad de diseño

$$ID = 86.88 \times 1.25 = 108.6A$$

Se selecciona un ITM de 120 amp de dc



Termomagnético DC FEE0 2P 100A 550VDC MCB

El disyuntor FPV-125 2P DC MCB de alta capacidad de corte es especialmente para el sistema solar fotovoltaico. La corriente es de 63A a 125A y voltaje de hasta 1000VDC. Estándar según IEC / EN60947-2.

Disyuntor serie FPV-125	FPV-125
Corriente nominal	100A
Voltaje clasificado	550VDC
Vida eléctrica	6000 veces
Vida mecánica	20000 veces (CO)
No. de polo	2P
Peso (gramos)	360

Figura 24: Ficha técnica interruptor termomagnético

CAPITULO IV CONCLUSIONES

4.1 Justificación

El trabajo de suficiencia profesional, diseño del sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a un ecohotel en el caserío de Cumbrec tiene como justificación tanto en lo social como en la práctica y en la económica.

- Justificación social: El conocimiento y la implementación de los sistemas fotovoltaicos que generan energía eléctrica traerán consigo el desarrollo social y una mejora en la calidad de vida de la comunidad. Además, genera emprendimiento / transformación económica una de ellas es los ecohoteles que logran incentivar el turismo vivencial dentro de una localidad, muchos de los ecohoteles tienen problema al acceso de la energía eléctrica debido a que las redes están alejadas de la zona de consumo. En ese sentido, los sistemas fotovoltaicos surgen como una solución para garantizar el abastecimiento de energía eléctrica.
- Justificación teórica: para tener éxito en el diseño de los sistemas fotovoltaicos es necesario conocer parámetros climatológicos uno es la irradiación uno de los objetivos de este trabajo es precisar el método para calcular la radiación solar en el diseño de sistema

fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en el ecohotel en el caserío de Cumbrec.

- Justificación práctica: el diseño e implementación del sistema fotovoltaico resuelve el problema de suministrar energía eléctrica al ecohotel del caserío de Cumbrec.

4.1.1 Evaluación económica

Para la evaluación económica se está comparando la instalación de un sistema fotovoltaico versus la instalación de un grupo electrógeno de 10 kva. Estos valores se comparan en un periodo de 25 años, que es la vida útil de los paneles fotovoltaicos. Se analiza la viabilidad económica del proyecto tomando en cuenta los indicadores del TIR y VAN.

Primero se calcula el gasto de inversión del sistema fotovoltaico off grid, donde se considera el 5% de la inversión del SF para mantenimiento, del mismo modo el mantenimiento correctivo cada 5 años por el cambio de baterías y a los 15 años el cambio del inversor y del regulador. Del mismo modo para el grupo electrógeno el costo de inversión e instalación del G.E, el consumo de combustible y el 10% de la inversión del G.E para el mantenimiento, además se considera que el G.E tiene una vida útil de 5 años.

Para la inversión del grupo electrógeno se obtiene un VAN de S/. 439,023.13 en un periodo de 25 años con una tasa del 12% anual. Para el caso del grupo electrógeno se necesita una inversión de S/. 439,023.13 a una tasa del 12% anual por 25 años.

Para la inversión del sistema fotovoltaico off grid se obtiene un VAN de S/.184,434.80 en un periodo de 25 años con una tasa del 12% anual. Para el caso del SF se necesita una inversión de S/. 184,434.80 a una tasa del 12% anual por 25 años.

Al obtener los valores de inversión de instalar un grupo electrógeno e instalar un sistema fotovoltaico se realiza un flujo comparativo para observar cual es mas rentable. Donde se obtiene que instalar el sistema fotovoltaico off grid es más rentable que instalar el grupo electrógeno y el retorno de la inversión comparando el flujo es de 1.75 años. Esto quiere decir que la inversión que realizo con el sistema fotovoltaico versus el grupo electrógeno retorna al 1.75 años con un TIR del 56% en un periodo de 25 años.

COSTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID

ITEM	COMPONENTE	Unidad	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
1	Panel solar fotovoltaico JKM450M-6TL4	Und.	15	S/ 608.14	S/ 9,122.10
2	Inversor POENIX INVERTER 48/5000	Und.	1	S/ 15,845.00	S/ 15,845.00
3	Regulador victornMPPT 250/100	Und.	1	S/ 3,695.03	S/ 3,695.03
4	Bateria AGM DG12-260	Und.	12	S/ 2,356.00	S/ 28,272.00
5	Estructura 3 Paneles 144c 15º Inclinada Falcat	Und.	15	S/ 421.66	S/ 6,324.90
6	Cables 35 mm2 NH-80	ml	100	S/ 13.80	S/ 1,380.00
7	Cables 25 mm2 NH-80	ml	100	S/ 11.40	S/ 1,140.00
8	Cables 16 mm2 NH-80	ml	300	S/ 7.60	S/ 2,280.00
9	Cables 6 mm2 NH-80	ml	100	S/ 5.70	S/ 570.00
10	PV COMBINER BOX (3 Cadenas)	Und.	1	S/ 1,300.00	S/ 1,300.00
11	Interruptor DC 15A	Und.	2	S/ 500.00	S/ 1,000.00
12	Tablero SF	Und.	1	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
13	Tubo conduit Φ 1 1/2"	ml	10	S/ 10.67	S/ 106.67
14	Fijación a tierra	Und.	1	S/ 5.00	S/ 5.00
15	KIT PARA POZO A TIERRA	GLB	1	S/ 2,300.00	S/ 2,300.00
16	Bornera de tierra 4 puntos	Und.	5	S/ 5.00	S/ 25.00
17	Prensaestopas para corrugado de Φ 1	Und.	30	S/ 12.00	S/ 360.00
18	paquete de cintillo 25cm	Und.	4	S/ 5.00	S/ 20.00
19	par de terminales MC4	Und.	15	S/ 20.00	S/ 300.00
20	Terminales de cable docena	bls	10	S/ 12.00	S/ 120.00
21	Montaje del sistema	Glb	1	S/ 7,666.57	S/ 7,666.57
Costo directo					S/ 84,332.27
Gasto Generales (10%)					S/ 8,433.23
Utilidad (8%)					S/ 6,746.58
Costo Total (sin igv)					S/ 99,512.07

Tabla 16: Presupuesto del sistema fotovoltaico Off Grid

ALIMENTACIÓN CON GRUPO ELECTRÓGENO		
Potencia demanda Máxima	4170	W
Energía demandada	21,194.45	Wh
Pot Grupo	10	kVA
Precio	\$ 2,880.00	
Consumo combustible	1.74	L/h
Costo Diesel S/L	4.94	
Horas de funcionamiento a 30%	18	
Mantenimiento Anual GE	10%	
Consumo combustible 100 %	PRP l/h 2,8	
Consumo combustible 70 %	PRP l/h 2,12	
Consumo combustible 50 %	PRP l/h 1,74	
Operación GE		
Consumo total Diesel [L/día]	S/	31.32
Costo diario	S/	154.72

Tabla 17: Características técnicas de operación G.E

HIMOINSA

A YANMAR COMPANY

HYW-9 T6

GAMA INDUSTRIAL
Powered by YANMAR



SERVICIO		PRP	ESP
POTENCIA	kVA	10	10,8
POTENCIA	kW	8	8,6
RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO	r.p.m.	1.800	
TENSIÓN PRINCIPAL	V	480/277	
TENSIONES DISPONIBLES	V	208/120 · 220/127 · 380/220 · 440/254	
FACTOR DE POTENCIA	Cos Phi	0,8	

Figura 25: ficha técnica del G.E

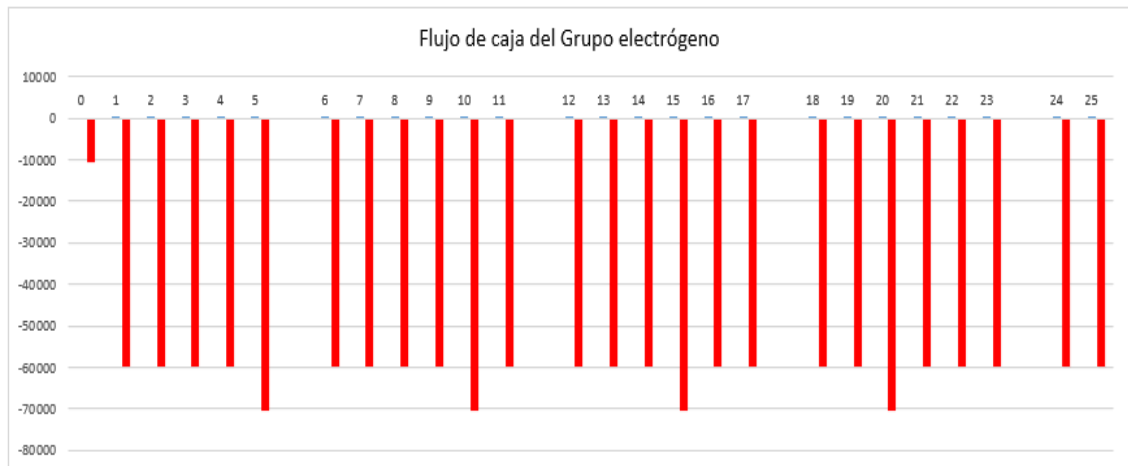


Tabla 21: Representación flujo de caja del G.E

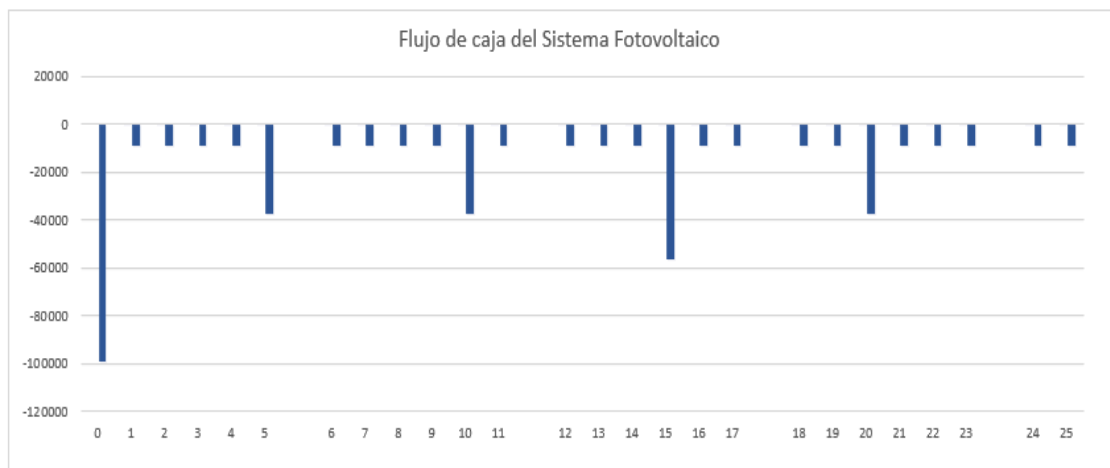


Tabla 22: Representación flujo de caja del SF off grid

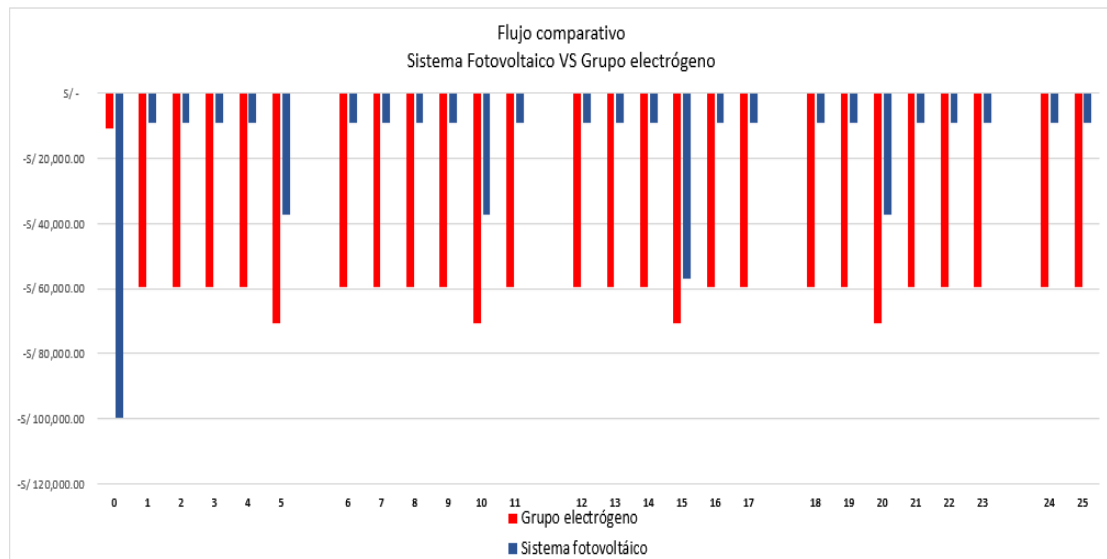


Tabla 23: Representación flujo comparativo G.E VS SF off grid

4.2 Descripción de la implementación

La implementación se desarrolló de la siguiente manera, se realizó la visita a la zona de trabajo para verificar donde se podría instalar los paneles solares considerando 2 factores importante, área de instalación de los módulos fotovoltaicos y libre de sombra, se escogió el área del techo de 140 m² libre de objetos y de sombra. El lugar se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas latitud: -9.729665, longitud: -77.850988, elevación: 1864 msm A continuación, nos apoyamos de la base de datos National Solar Radiation Database (NSRBD) para obtener los datos de la radiación solar y calcular la hora solar pico (HSP) 5,46 kwh/m² día, a continuación, se realiza el estudio de máxima de manda de las cargas que es 4,170 W. con esta información se realizar un balance de energía y se dimensiona la cantidad de paneles solares a instalar que son 15 paneles de 450 W que se conetaran en paralelos de 3 grupos de 5 paneles en serie (conexión mixta); luego se procedio a realizar los cálculos de los parametros electricos para seleccionar

el equipamiento del sistema fotovoltaico off grid, como son las baterías que se seleccionaron 12 baterías de 316 Ah a 12 voltios que se conectarán en paralelos 3 grupos de 4 baterías en serie donde el sistema fotovoltaico trabajará a 48 Voltios. Con los datos de la ficha técnica tanto de los paneles y de la batería y los cálculos realizados se selecciona el regulador de carga de la marca victron energy MPPT 250/100 tr. El último equipo a seleccionar es el inversor que es de la marca victron energy, Quatro de 48/8000. Posteriormente se seleccionan los dispositivos de protección DC y AC y las secciones de cable utilizadas, teniendo en cuenta los estándares técnicos de este tipo de sistemas. Finalmente concluimos con una evaluación económica, que es una comparación si los precios de instalación de un generador se fijaran durante 25 años. Para lograrlo, la mejor opción es instalar un sistema de energía solar, que tiene un retorno de la inversión de 1,75 años.

4.3 Conclusiones

- La hora solar pico del lugar geográfico es 5,46 kWh/m² día esta información se calculó con la radiación solar que se obtuvo mediante un tratamiento de datos de la National Solar Radiation Database.
- Se investigó la demanda máxima de un ecohotel la cual es de 4170.00 W.
- La cantidad de paneles solares a instalar que son 15 paneles de 450W 3 grupos paralelos compuestos por 5 paneles están conectados en una conexión mixta.; luego se procedió a realizar los cálculos de los parámetros eléctricos para seleccionar el equipamiento del sistema fotovoltaico off grid, como son las baterías que se seleccionaron 12 baterías de 316 Ah a 12 voltios, hay tres grupos paralelos de cuatro baterías conectadas en serie. donde el sistema fotovoltaico

trabajara a 48 Voltios. Con los datos de la ficha técnica tanto de los paneles y de la batería y los cálculos realizados se selecciona el regulador de carga de la marca victron energy MPPT 250/100 tr. El último equipo a seleccionar es el inversor que es de la marca victron energy, Quatro de 48/8000. Posteriormente se seleccionan los dispositivos de protección DC y AC y las secciones de cable utilizadas, teniendo en cuenta los estándares técnicos.

- Se obtiene un VAN de S/. 439,023.13. Con una tasa de interés anual del 12 por ciento en unos 25 años. para el caso del grupo electrógeno. Para el caso del SF se necesita una inversión de S/. 184,434.80 a una tasa del 12% anual por 25 años. Al obtener los valores de inversión de instalar un grupo electrógeno e instalar un sistema fotovoltaico se realiza un flujo comparativo para observar cual es más rentable. Donde se obtiene que instalar el sistema fotovoltaico off grid es más rentable que instalar el grupo electrógeno y el retorno de la inversión comparando el flujo es de 1.75 años. Esto quiere decir que la inversión que realizo con el sistema fotovoltaico versus el grupo electrógeno retorna al 1.75 años con un TIR del 56% en un periodo de 25 años.

CAPITULO V RECOMENDACIONES

- No construir parapetos en el perímetro del techo ni tender ropa porque daría sombra a los paneles solares.
- No llegar a una descarga del 90% de las baterías por que con eso se disminuye su tiempo de vida a menos de 5 años.
- •No fuerce el dispositivo a funcionar de una manera no prevista para su uso, como conectarlo a un dispositivo con una potencia mayor que la potencia admitida por el inversor, ya que esto podría dañar el dispositivo.
- El módulo fotovoltaico debe mantenerse limpio para evitar la acumulación de suciedad en la parte superior del módulo, lo que podría provocar ineficiencia.

CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA

- Aquino Larico, E. R. (2017). *Determinación de la energía solar para el diseño bioclimático de viviendas en la ciudad de Juliaca región Puno*. Perú :UNA. Puno.
- Benford, F. a. (1939). *Time analysis of sunshine. Trans. Am. Illumin. Eng. Soc.* 34 200.
- Cerrón Contreras, A. (2019). *Dimensionamiento del potencial fotovoltaico para el funcionamiento de una planta desalinizadora por ósmosis inversa en la gramita, Casma – Ancash. Perú* :UNFV. Casma.
- Chen, J. C. (2011). *Physics of Solar Energy*. New Jersey: Jhon Wiley & Sons.
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. Wiley & Sons.
- García Valladares, O., & Pilatowsky Figueroa, I. (2017). *Aplicaciones térmicas de la energía solar en los sectores residencial, servicios e industrial*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Goswami, Y. (2015). *Solar energy*. The official journal of the international Solar Energy Society.
- Gutierrez Correa , F. V. (2014). *Predicción Espacio temporal de la irradiancia solar global a corto plazo en España mediante geoestadísticas y redes neuronales artificiales*. España .
- Konrad, M. (2013). *Photovoltaics: Fundamentals, Technology and Practice*. Munich: Jhon Wiley & Sons Ltd.
- Llado Centeno, S. D. (2021). *El diseño de una instalación de generación distribuida (autoconsumo energético) para un Hotel rural junto al pantano de Cijara*. España.
- Luque, A., & Hegedus, S. (2003). *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. John Wiley & Sons.

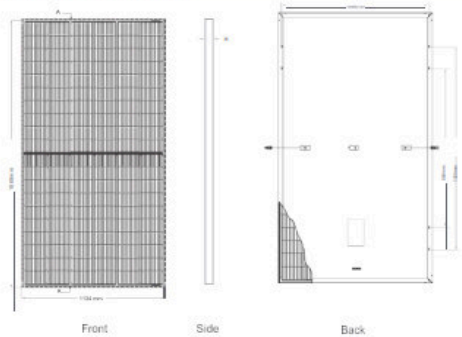
Príncipe Bayona, Y. A. (2019). *Diseño del Sistema Fotovoltaico de 3 KW en Zonas Rurales de Socorro, Huarumpa y Yanuna del Distrito de Paucas-Huari*. Paucas-Huari.

CAPITULO VI: ANEXOS

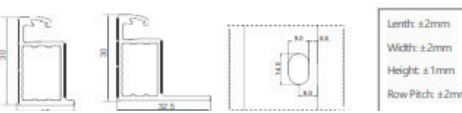
Anexo A: Fichas técnicas de los componentes del sistema fotovoltaicos

Ficha técnica módulo fotovoltaico

Engineering Drawings



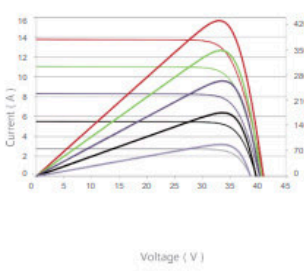
Front Side Back



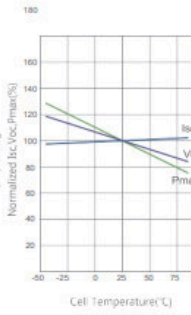
Length: ±2mm
Width: ±2mm
Height: ±1mm
Row Pitch: ±2mm

Electrical Performance & Temperature Dependence

Current-Voltage & Power-Voltage Curves (430W)



Temperature Dependence of Isc, Voc, Pmax



Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline	
No. of cells	120 (2×60)	
Dimensions	1868 × 1134 × 20mm (73.54 × 44.65 × 1.18 inch)	

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM430M-6TL4		JKM435M-6TL4		JKM440M-6TL4		JKM445M-6TL4		JKM450M-6TL4	
	JKM430M-6TL4-V	JKM435M-6TL4-V	JKM440M-6TL4-V	JKM445M-6TL4-V	JKM450M-6TL4-V	JKM450M-6TL4-V	JKM450M-6TL4-V	JKM450M-6TL4-V	JKM450M-6TL4-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	430Wp	320Wp	435Wp	324Wp	440Wp	327Wp	445Wp	331Wp	450Wp	335Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	33.47V	31.21V	33.65V	31.37V	33.82V	31.53V	34.00V	31.69V	34.17V	31.86V
Maximum Power Current (Imp)	12.85A	10.25A	12.93A	10.32A	13.01A	10.38A	13.09A	10.45A	13.17A	10.51A
Open-circuit Voltage (Voc)	40.57V	38.29V	40.75V	38.46V	40.92V	38.62V	41.10V	38.79V	41.27V	38.95V
Short-circuit Current (Isc)	13.53A	10.93A	13.61A	10.99A	13.69A	11.06A	13.77A	11.12A	13.85A	11.19A
Module Efficiency STC (%)	20.30%		20.54%		20.77%		21.01%		21.24%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

* STC: ☀ Irradiance 1000W/m² 📏 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5

NOCT: ☀ Irradiance 800W/m² 📏 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌬 Wind Speed 1m/s

Ficha técnica del controlador de carga

Controladores de carga SmartSolar 250V y 99% de eficiencia

MPPT 250/60, 250/70, 250/85 & 250/100

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

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

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

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

Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo.

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

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible

Un algoritmo de carga totalmente programable (consulte la página de software de nuestra página web) y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

Amplia protección electrónica

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

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

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



Controlador de carga SmartSolar
MPPT 250/100-Tr
Con pantalla conectable opcional.



Controlador de carga SmartSolar
MPPT 250/100-MC4
Sin pantalla

Bluetooth Smart Integrado: no necesita mochila

La solución inalámbrica para configurar, supervisar y actualizar el controlador con un teléfono inteligente, una tableta u otro dispositivo Apple o Android.

VE.Direct

Para una conexión de datos con cable a un Color Control GX, otros productos GX, PC u otros dispositivos.

On/Off remoto

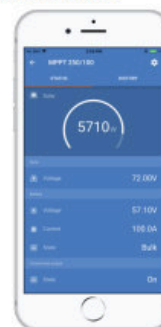
Para conectarse a un VE.BUS BMS, por ejemplo.

Relé programable

Se puede programar (entre otros, con un teléfono inteligente) para activar una alarma u otros eventos.

Opcional: pantalla LCD conectable

Simplemente retire el protector de goma del enchufe de la parte frontal del controlador y conecte la pantalla.




Controlador de carga SmartSolar	MPPT 250/60	MPPT 250/70	MPPT 250/85	MPPT 250/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48V (Se precisa una herramienta de software para ajustar el sistema en 36V)			
Corriente de carga nominal	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12 V 1a,b)	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24 V 1a,b)	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48 V 1a,b)	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	35A (máx. 30A x con. MC4)		70A (máx. 30A x MC4 con.)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	250V máximo absoluto en las condiciones más frías 245V en arranque y funcionando al máximo			
Eficiencia máxima	99%			
Autoconsumo	Menos de 35mA a 12V / 20mA a 48V			
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Algoritmo de carga	adaptativo multifase			
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C			
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión			
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)			
Humedad	95%, sin condensación			
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth			
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)			
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240V AC / 4 A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 V CC, 1 A hasta 60 V CC			
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)			
CARCASA				
Color	Azul (RAL 5012)			
Terminales FV 3)	35mm ² / AWG2 (modelos Tr), Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4 de 250/60 y 250/70) Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4 de 250/85 y 250/100)			
Bornes de batería	35mm ² / AWG2			
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)			
Peso	3 kg		4,5 kg	
Dimensiones (al x an x p) en mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215x250x95 mm		Modelos Tr: 216 x 295 x 103 mm Modelos MC4: 246x295x103 mm	
NORMATIVAS				
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2			
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado.				
1b) La tensión FV debe exceder en 5 V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador.				
Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1 V.				
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.				
3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares.				
Corriente máxima por conector MC4: 30A (los conectores MC4 estén conectados en paralelo a un rastreador MPPT)				

Ficha técnica de batería

UCG 320-12
12V 316AH
Deep Cycle
Ultracell®
Quality in Every Language™

UCG320-12



Physical Specification

Part Number:	UCG320-12
Length:	522 ± 2 mm
Width:	268 ± 2 mm
Container Height:	220 ± 2 mm
Total Height (with terminal):	226 ± 2 mm
Approx Weight:	Approx 73kg

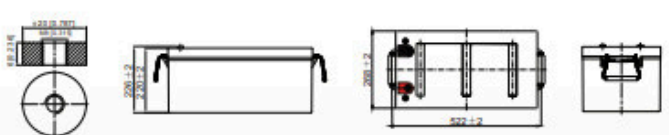
Specifications

	Normal Voltage	12V
	Normal Capacity (100HR)	316.0AH
Terminal Type	Standard Terminal	F11
	Optional Terminal	-
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS(UL94:VO)
Rated Capacity	286.0 AH/25.8A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	275.0 AH/31.3A	(8hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	218.0 AH/43.6A	(5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	198.0 AH/66.0A	(3hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	165.5 AH/165.5A	(1hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
Max Discharge Current	2500A (5s)	
Internal Resistance	Approx 2.5mΩ	

	286.0 AH/25.8A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	275.0 AH/31.3A	(8hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	218.0 AH/43.6A	(5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	198.0 AH/66.0A	(3hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	165.5 AH/165.5A	(1hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
Max Discharge Current	2500A (5s)	
Internal Resistance	Approx 2.5mΩ	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -15 ~ 50°C (5 ~ 122°F) Charge: 0 ~ 40°C (5 ~ 104°F) Storage: -15 ~ 40°C (5 ~ 104°F)
	Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)
	Cycle Use	Initial Charging Current less than 75.0A Voltage 14.4V ~ 15.0V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -30mV/°C
	Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage 13.5V ~ 13.8V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -20mV/°C
	Capacity affected by Temperature	40°C (104°F) 103%
		25°C (77°F) 100%
0°C (32°F) 86%		
Design Floating Life at 20°C	15 Years	
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.	

Dimensions

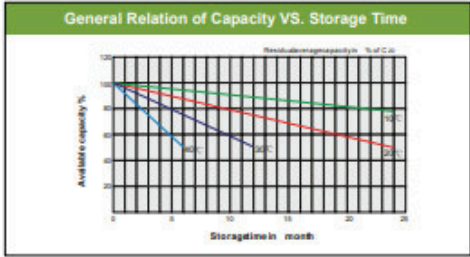
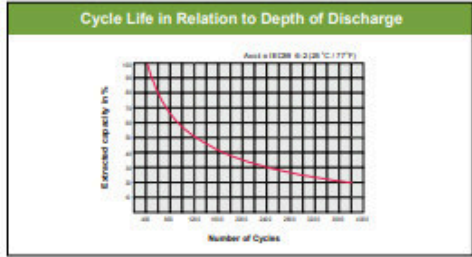
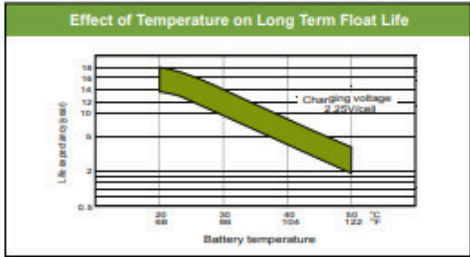
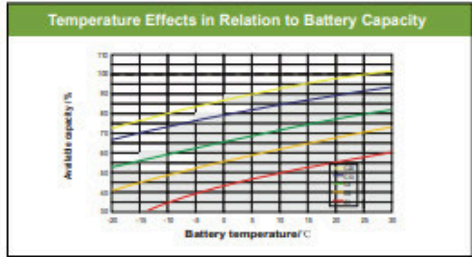
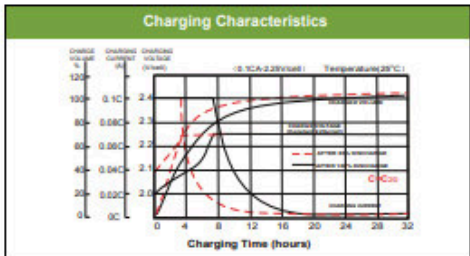
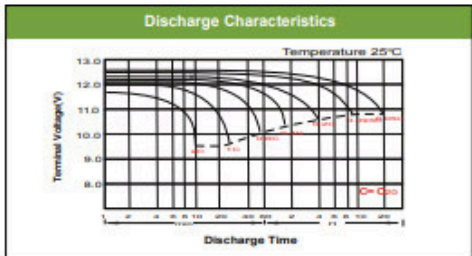
F11 Terminal



ALL DIMENSIONS ARE GIVEN IN MILLIMETERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

Constant Current Discharge (Amperes) at 25°C (77°F)														
F.V/Time	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/cell	363.0	335.0	288.0	222.5	168.3	137.0	83.4	60.8	48.1	40.2	35.7	29.9	25.0	12.9
1.80V/cell	409.5	374.0	317.3	237.5	180.7	147.8	88.9	64.6	50.7	42.5	37.7	31.3	25.8	13.4
1.75V/cell	444.0	392.7	330.8	246.5	186.7	153.5	91.1	66.0	52.3	43.6	38.4	31.6	26.1	13.5
1.70V/cell	469.5	419.2	348.0	253.0	192.3	158.0	92.8	67.6	53.4	44.4	39.1	31.8	26.5	13.6
1.67V/cell	\	442.1	360.8	262.5	197.0	162.0	94.6	68.4	54.3	45.2	39.7	32.2	26.7	13.7
1.60V/cell	\	461.0	371.3	267.5	200.3	165.5	95.3	69.8	55.4	45.8	40.1	32.5	26.9	13.8


Constant Power Discharge (Watts) at 25°C (77°F)														
F.V/Time	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/cell	670.5	625.1	542.9	424.1	325.2	267.5	165.9	121.5	96.4	80.9	72.0	60.4	50.7	26.2
1.80V/cell	747.5	688.5	589.2	445.7	346.5	287.2	176.3	128.6	101.3	85.2	75.6	63.0	52.0	27.0
1.75V/cell	797.5	714.0	608.4	458.8	356.7	297.6	180.2	130.9	104.0	87.0	76.9	63.5	52.4	27.1
1.70V/cell	824.2	751.7	635.3	468.3	367.0	305.4	182.9	133.7	105.9	88.4	78.0	63.7	53.0	27.3
1.67V/cell	\	783.3	653.7	481.9	372.7	311.9	185.9	135.1	107.6	89.7	79.0	64.3	53.4	27.5
1.60V/cell	\	806.7	665.4	487.7	374.6	316.1	188.4	137.3	109.3	90.6	79.7	64.7	53.7	27.6



Ficha técnica del Inversor

Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100	48/15000/200-100/100
PowerControl / PowerAssist	Si				
Conmutador de transferencia integrado	Si				
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1				
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100	2x100
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (VCC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida (1)	Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%				
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000	15000
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	2400	4000	6400	8000	12000
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	2200	3700	5500	6500	10000
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Eficacia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Consumo en vacío (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	60 / 60	60	110
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	40 / 40	40	75
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	15 / 15	15	20
CARGADOR					
Tensión de carga de 'absorción' (VCC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6	57,6
Tensión de carga de 'flotación' (VCC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2	55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8	52,8
Corriente de carga de la batería auxiliar (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140	200
Corriente de carga batería arranque (A)	4 (solo modelos de 12 y 24V)				
Sensor de temperatura de la batería	Si				
GENERAL					
Salida auxiliar (A) (5)	25	50	50	50	50
Relé programable (6)	3x	3x	3x	3x	3x
Protección (2)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
Puerto de comunicaciones de uso general	2x	2x	2x	2x	2x
On/Off remoto	Si				
Características comunes	Temp. de trabajo: -40 a +65 °C Humedad (sin condensación): máx. 95%				
Altitud máxima	3500 m				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Grado de protección IP 21				
Conexión a la batería	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)				
Conexión 230 V CA	Bornes de tornillo de 13 mm ² (6 AWG)	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso (kg)	19	34 / 30 / 30	45 / 41	51	72
Dimensiones (al x an x p en mm.)	362 x 258 x 218	470 x 350 x 280 444 x 328 x 240	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280	572 x 488 x 344
NORMATIVAS					
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1				
Emisiones, Inmunidad	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3				
Vehículos de carretera	Modelos de 12 y 24V: ECE R10-4				
Antiisla	Visite nuestra página web				
1) Puede ajustarse a 60 Hz. Modelos de 120 V bajo pedido	3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1				
2) Claves de protección:	4) Hasta 25 ° C de temperatura ambiente				
a) cortocircuito de salida	5) Se desconecta sin hay fuente CA externa disponible				
b) sobrecarga	6) Relé programable que puede configurarse, entre otros, como				
c) tensión de la batería demasiado alta	función de alarma general, subtensión CC o arranque del generador				
d) tensión de la batería demasiado baja	Capacidad nominal CA 230 V/4 A				
e) temperatura demasiado alta	Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 VCC, 1 A hasta 60 VCC				
f) 230 VCA en la salida del inversor					
g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta					

Ficha técnica del fusible

MODELO		ZTPV 25		
Imagen				
Tamaño (mm)		10x38		
Tensión nominal Ue (V)		DC1000		
Corriente nominal In (A)		1 2 3 4 5 6 8 10 12 15 16 20 25 30 32		
Capacidad de ruptura nominal (33)		33		
Clase de operación		gPV		
Temperatura de trabajo		-50-105		
Altitud (m)		≤ 2000		
Peso (g)		10		
Estándar		IEC60269.6		
Detalles del material				
Nombre de la pieza	Tapa	Cuerpo	Elemento fusible	Agente extintor de arcos
Material	Cobre rojo	Óxido de aluminio	Plata	Silicio

Ficha técnica interruptor termomagnético DC

Parameter					
Electrical Characteristics					
Type		BB1-63			
Comply with		IEC 60947-2/GB/T 14048.2			
Pole		1P	2P	3P	4P
Rated Working Voltage	Ue	300V DC	600V DC	900V DC	1200V DC
Max Rated Current		63A			
Rated Current	In	3A, 4A, 6A, 10A, 13A, 16A, 20A, 25A, 32A, 40A, 50A, 63A			
Rated Insulated Voltage	Ui	1200V DC			
Rated Impulsed Voltage	Uimp	6kV			
Ultimate Breaking Capacity	Icu	6kA			
Run Breaking Capacity	Ics	6kA			
Tripping Type		Thermal Magnetic Type			
Service Life/cycle Operation					

Ficha técnica del cable

TABLA DE DATOS TÉCNICOS

Sección Nominal mm ²	Número mínimo de alambres	Espesor Aislante mm	Diámetro Exterior mm		Peso Nominal kg / km	Amperaje (*)	
			Mínimo	Máximo		Aire A	Ducto D
1,5	7	0,7	2,7	3,3	26	27	22
2,5	7	0,8	3,3	4,0	36	37	27
4	7	0,8	3,8	4,6	50	45	35
6	7	0,8	4,3	5,2	70	61	45
10	7	1,0	5,6	6,7	130	88	65
16	7	1,0	6,4	7,8	200	124	80
25	7	1,2	8,1	9,7	290	158	105
35	7	1,2	9,0	10,9	390	197	130
50	19	1,4	10,6	12,8	520	245	165
70	19	1,4	12,1	14,6	730	307	200
95	19	1,6	14,1	17,1	980	375	240
120	37	1,6	15,6	18,8	1250	437	275
150	37	1,8	17,3	20,9	1530	501	315
185	37	2,0	19,3	23,3	1890	586	355
240	37	2,2	22	26,6	2430	654	415
300	61	2,4	24,5	29,6	3070	757	470

Temperatura ambiente: 30 °C

(*) Temperatura máxima de conductor: 90 °C
No más de tres conductores por ducto

Para temperatura ambiente superior a 30 °C, aplicar los factores de corrección.
Para instalaciones mayores de tres conductores en cada ducto, aplicar los factores de corrección.

Anexo B: Evaluación económica

Año	0	1	2	3	4	5
Inversión del grupo electrógeno	-S/ 10,771.20					-S/ 10,771.20
Costos de Operación		-S/ 56,473.09	-S/ 56,473.09	-S/ 56,473.09	-S/ 56,473.09	-S/ 56,473.09
Depreciación		-S/ 2,154.24	-S/ 2,154.24	-S/ 2,154.24	-S/ 2,154.24	-S/ 2,154.24
Mantenimiento		-S/ 1,077.12	-S/ 1,077.12	-S/ 1,077.12	-S/ 1,077.12	-S/ 1,077.12
Gasto total anual	-S/ 10,771.20	-S/ 59,704.45	-S/ 59,704.45	-S/ 59,704.45	-S/ 59,704.45	-S/ 70,475.65

VAN	S/ 439,023.13
-----	------------------

Evaluación económica del flujo de caja de la Inversión del grupo electrógeno 10 kva

-S/ 78,528.82	-S/ 78,528.82	-S/ 89,300.02	-S/ 78,528.82	-S/ 78,528.82	-S/ 78,528.82	-S/ 78,528.82
------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

20	21	22	23	24	25
-S/ 10,771.20					S/ -
-S/ 75,297.46	-S/ 75,297.46	-S/ 75,297.46	-S/ 75,297.46	-S/ 75,297.46	-S/ 75,297.46
-S/ 2,154.24	-S/ 2,154.24	-S/ 2,154.24	-S/ 2,154.24	-S/ 2,154.24	-S/ 2,154.24
-S/ 1,077.12	-S/ 1,077.12	-S/ 1,077.12	-S/ 1,077.12	-S/ 1,077.12	-S/ 1,077.12
-S/ 89,300.02	-S/ 78,528.82	-S/ 78,528.82	-S/ 78,528.82	-S/ 78,528.82	-S/ 78,528.82

Tabla 18: Flujo de caja para hallar el VAN del G.E

-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60
-S/ 8,956.09	-S/ 8,956.09	-S/ 8,956.09	-S/ 8,956.09	-S/ 37,228.09	-S/ 8,956.09	-S/ 8,956.09

13	14	15	16	17	18	19
		-S/ 47,812.03				
S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
-S/ 3,980.48	-S/ 3,980.48	-S/ 3,980.48	-S/ 3,980.48	-S/ 3,980.48	-S/ 3,980.48	-S/ 3,980.48
-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60
-S/ 8,956.09	-S/ 8,956.09	-S/ 56,768.12	-S/ 8,956.09	-S/ 8,956.09	-S/ 8,956.09	-S/ 8,956.09

20	21	22	23	24	25
-S/ 28,272.00					S/ -
S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
-S/ 3,980.48	-S/ 3,980.48	-S/ 3,980.48	-S/ 3,980.48	-S/ 3,980.48	-S/ 3,980.48
-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60	-S/ 4,975.60
-S/ 37,228.09	-S/ 8,956.09	-S/ 8,956.09	-S/ 8,956.09	-S/ 8,956.09	-S/ 8,956.09

Tabla 19: Flujo de caja para hallar el Van SF off grid

Evaluación del flujo diferencial del sistema fotovoltaico versus el grupo electrógeno

Año	0	1	2	3	4	5
Flujo diferencial	-S/ 88,740.87	S/ 50,748.37	S/ 50,748.37	S/ 50,748.37	S/ 50,748.37	S/ 33,247.57
Acumulado	-S/ 88,740.87	-S/ 37,992.51	S/ 12,755.86	S/ 63,504.22	S/ 114,252.59	S/ 147,500.15

Retorno de inversión	1.75 años
TIR	56%

6	7	8	9	10	11	12
S/ 50,748.37	S/ 50,748.37	S/ 50,748.37	S/ 50,748.37	S/ 33,247.57	S/ 50,748.37	S/ 50,748.37
S/ 198,248.52	S/ 248,996.88	S/ 299,745.25	S/ 350,493.61	S/ 383,741.18	S/ 434,489.54	S/ 485,237.91

13	14	15	16	17	18	19
S/ 50,748.37	S/ 50,748.37	S/ 13,707.54	S/ 50,748.37	S/ 50,748.37	S/ 50,748.37	S/ 50,748.37

S/ 535,986.27	S/ 586,734.64	S/ 600,442.18	S/ 651,190.54	S/ 701,938.91	S/ 752,687.27	S/ 803,435.64
------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

20	21	22	23	24	25
S/ 33,247.57	S/ 50,748.37	S/ 50,748.37	S/ 50,748.37	S/ 50,748.37	S/ 50,748.37
S/ 836,683.20	S/ 887,431.57	S/ 938,179.93	S/ 988,928.30	S/ 1,039,676.66	S/ 1,090,425.03

Tabla 20: Flujo de caja diferencial entre G.E VS SF off grid – Retorno de la inversión – TIR

Gráfico del flujo de caja del grupo electrógeno

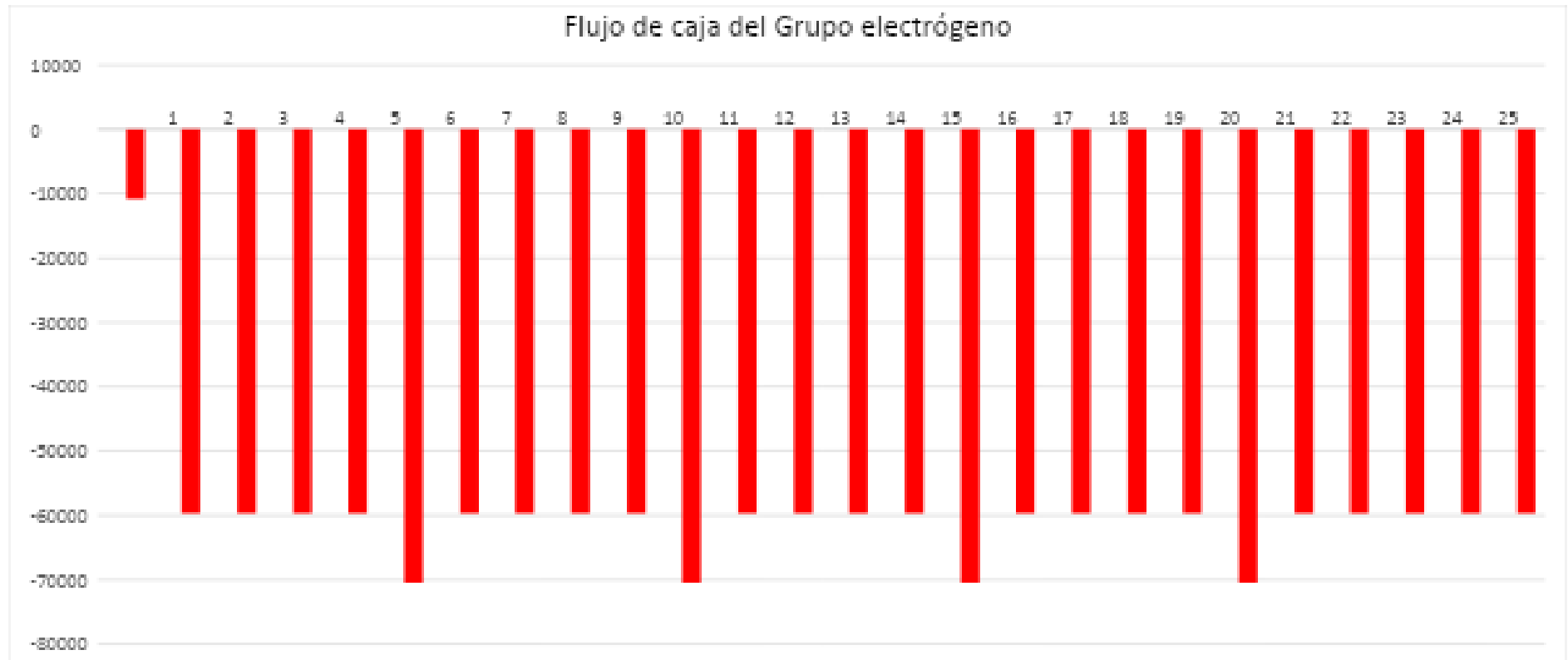


Gráfico del flujo de caja del sistema fotovoltaico

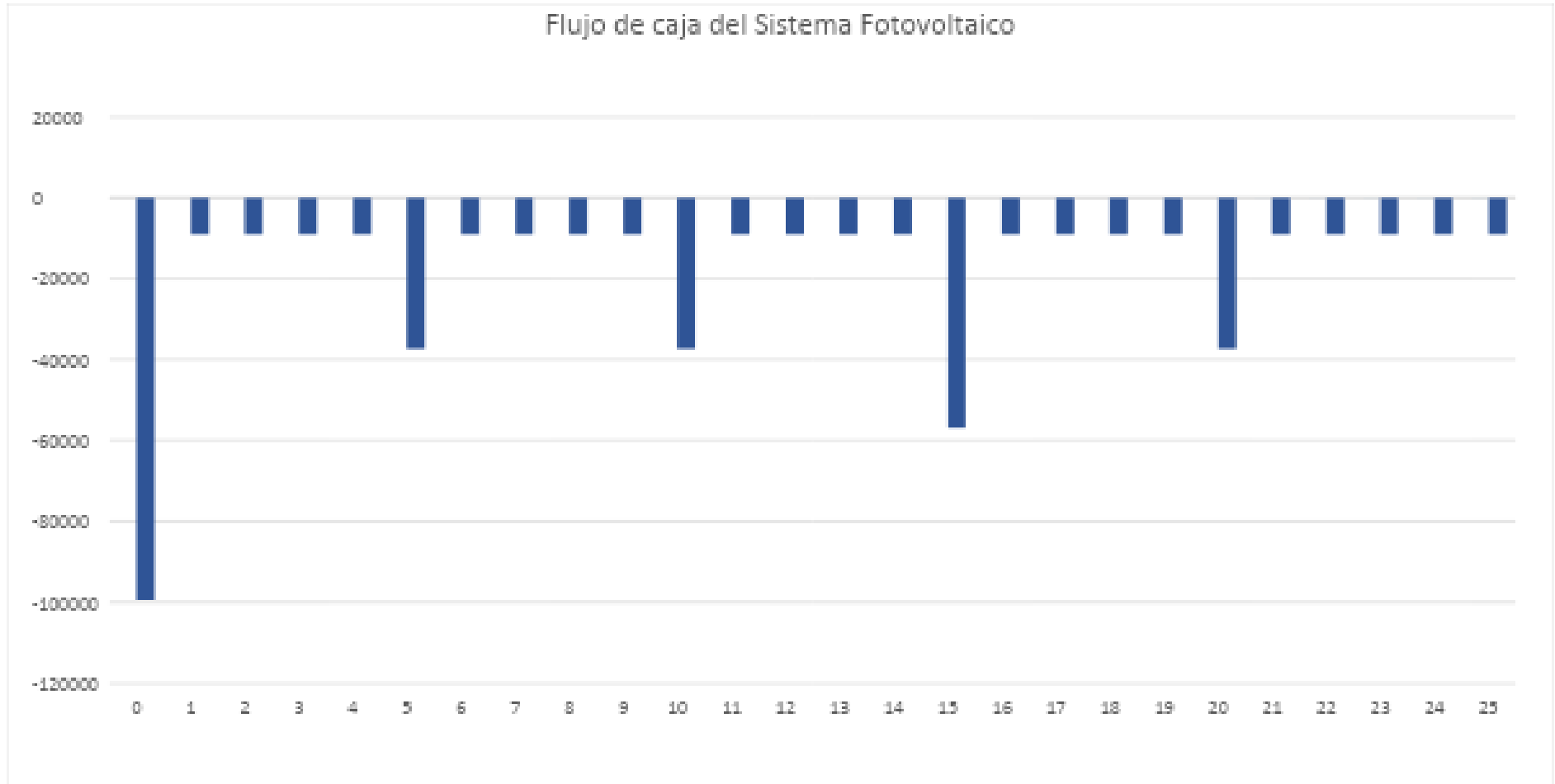
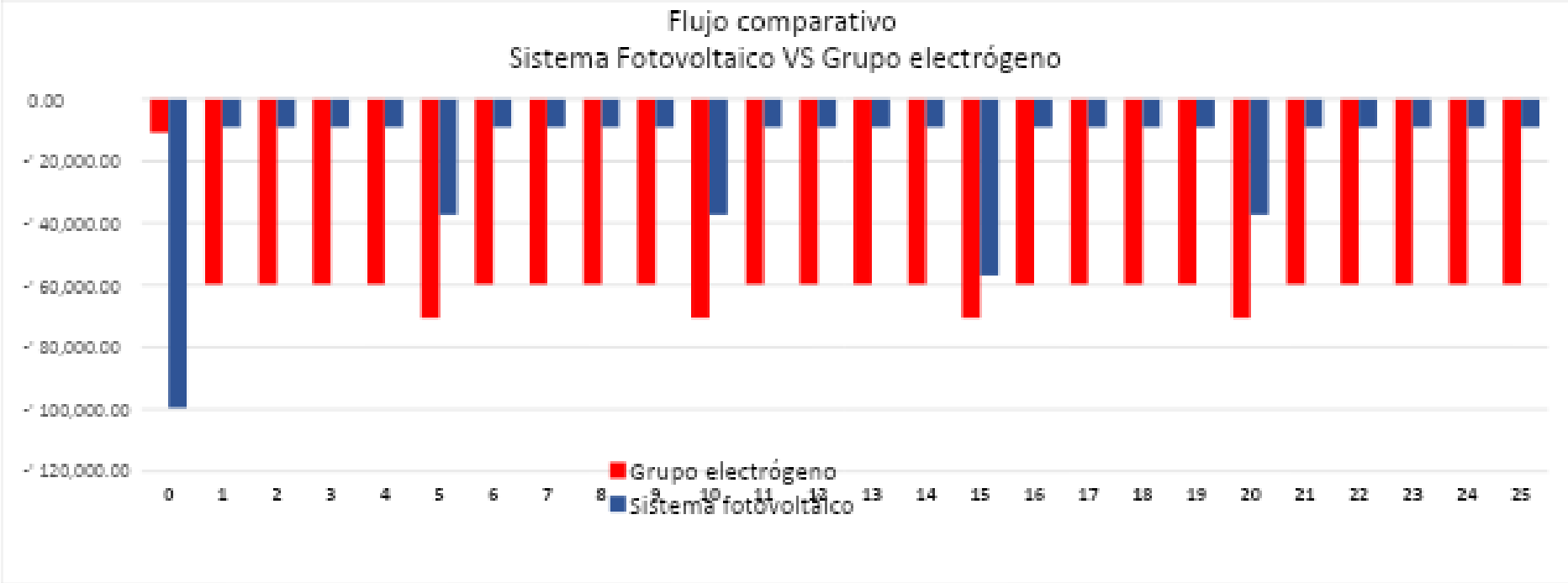
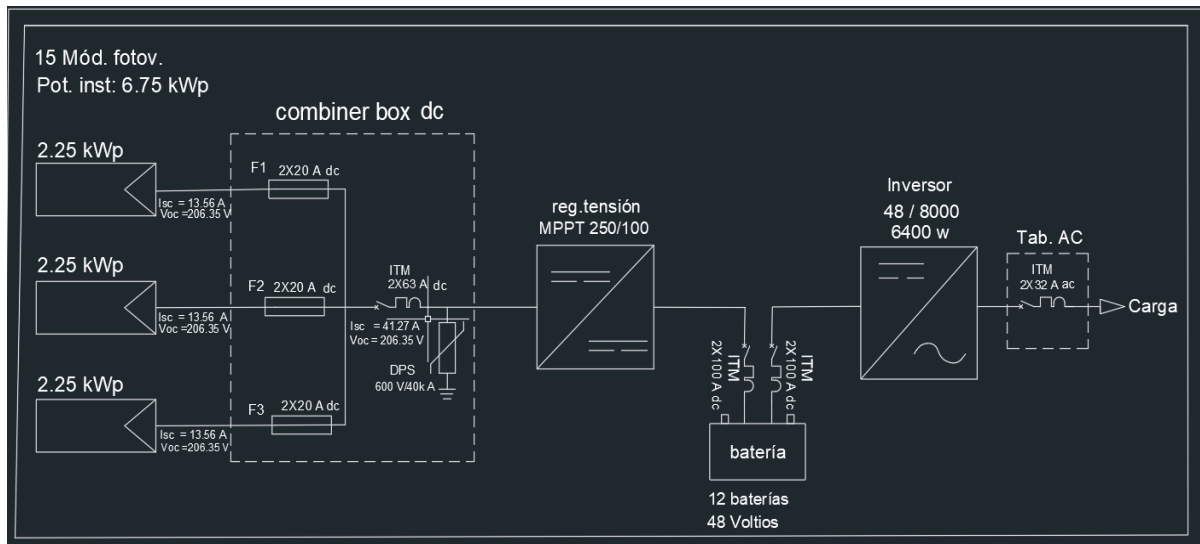


Gráfico del flujo comparativo del sistema fotovoltaico Versus Grupo electrógeno



Anexo C: Esquema del sistema Fotovoltaico



Anexo D

Ángulo	Símbolo	Rango
Latitud	ϕ	$-90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$
Declinación	δ	$-23.45^\circ \leq \delta \leq 23.45^\circ$
Inclinación	β	$0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$
Azimut	γ	$-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$
Ángulo horario	ω	$15^\circ/\text{hora}$
Ángulo de incidencia	θ	$0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$
Zenit	θ_z	$0^\circ \leq \theta_z \leq 90^\circ$
Altura solar	α_s	$0^\circ \leq \alpha_z \leq 90^\circ$
Azimut solar	γ_s	$-180^\circ \leq \gamma_z \leq 180^\circ$

Ecuación 6 Relaciones entre ángulos solares. Fuente: Duffie and Beckman.

Relación	Ángulos	Condición
$\begin{aligned} \cos\theta &= \text{sen}\delta \cdot \text{sen}\phi \cdot \cos\beta \\ &\quad - \text{sen}\delta \cdot \cos\phi \cdot \text{sen}\beta \cdot \cos\gamma \\ &\quad + \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\beta \cdot \cos\omega \\ &\quad + \cos\delta \cdot \text{sen}\phi \cdot \text{sen}\beta \cdot \cos\gamma \cdot \cos\omega \\ &\quad + \cos\delta \cdot \text{sen}\beta \cdot \text{sen}\gamma \cdot \text{sen}\omega \end{aligned}$	$\theta, \delta, \phi, \beta, \omega, \gamma$	
$\cos\theta = \cos\theta_z \cdot \cos\beta + \text{sen}\theta_z \cdot \text{sen}\beta \cdot \cos(\gamma_s - \gamma)$	$\theta, \theta_z, \beta, \omega, \gamma_s, \gamma$	
$\begin{aligned} \cos\theta &= -\text{sen}\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\gamma \\ &\quad + \cos\delta \cdot \text{sen}\phi \cdot \cos\gamma \cdot \cos\omega \\ &\quad + \cos\delta \cdot \text{sen}\gamma \cdot \text{sen}\omega \end{aligned}$	$\theta, \delta, \phi, \omega, \gamma$	$\beta = 90^\circ$
$\cos\theta_z = \text{sen}\delta \cdot \text{sen}\phi + \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\omega$	$\theta_z, \delta, \phi, \omega$	$\beta = 0^\circ$
$\gamma_s = \text{sign}(\omega) \cdot \left \cos^{-1} \left(\frac{\cos\theta_z \cdot \text{sen}\phi - \text{sen}\delta}{\text{sen}\theta_z \cdot \cos\phi} \right) \right $	$\theta_z, \delta, \phi, \omega, \gamma_s$	

Ángulo de salida	$\cos\omega_s = -\frac{\text{sen}\phi \cdot \text{sen}\delta}{\cos\phi \cdot \cos\delta} = -\tan\phi \cdot \tan\delta$
Número de horas de sol	$N = \frac{2}{15} \cdot \cos^{-1}(-\tan\phi \cdot \tan\delta) = \frac{2 \cdot \omega_s}{15}$

Ecuación 7: Relaciones útiles. Fuente: Duffie and Beckman.

$G_o = G_{sc} \left(1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{360n}{365}\right) \right) \cdot \cos\theta_z$
$G_o = G_{sc} \left(1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{360n}{365}\right) \right) \cdot (\cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega + \text{sen}\phi \cdot \text{sen}\delta)$
$H_o = \frac{24 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left(1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{360n}{365}\right) \right) \cdot \left(\cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \text{sen}\omega_s + \frac{\pi\omega_s}{180} \text{sen}\phi \cdot \text{sen}\delta \right)$
$I_o = \frac{12 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left(1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{360n}{365}\right) \right) \cdot \left(\cos\phi \cdot \cos\delta \cdot (\text{sen}\omega_2 - \text{sen}\omega_1) + \frac{\pi(\omega_2 - \omega_1)}{180} \text{sen}\phi \cdot \text{sen}\delta \right)$

Ecuación 8: Irradiancia e irradiación solar. Fuente: Duffie and Beckman.